

Національний технічний університет України
«КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»

МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра технології машинобудування

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК 62-1/-9

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Ю.В.Петраков

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності **131 Прикладна механіка. Технології виготовлення**

літальних апаратів

(код і назва спеціальності)

на тему: Технологічне забезпечення токарного оброблення деталей
складної конструкції

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи **МТ – 82мп**

(шифр групи)

Руденко Павло Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник Пуховський Євген Степанович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант _____

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, ,
прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра технології машинобудування
(повна назва кафедри)

Кафедра технології машинобудування

Спеціальність **131. Прикладна механіка.**
Спеціалізація **Технології виготовлення літальних апаратів**
(код і назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри

_____ **Ю.В. Петраков** _____
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Руденку Павлу Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Технологічне забезпечення токарного оброблення деталей
складної конструкції

науковий керівник _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом закінченої дисертації «__» _____ 20__ р.

3. Об'єкт дослідження _____

4. Предмет дослідження _____

виконану на тему: _____

Групи МТ - _____

Пояснювальна записка на _____ стор., граф. матеріал на _____ аркушах

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

**Науковий
керівник магістерської
дисертації**

(ініціали, прізвище)

магістерської дисертації
на здобуття ступеня магістра

виконану на тему: _____

(повна назва теми МД)

студентом _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

Групи МТ - _____

Пояснювальна записка на _____ стор., граф. матеріал на _____ аркушах

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Рецензент

_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання) _____ (підпис) _____ (ініціали, прізвище)

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Печатка установи, організації рецензента (тільки для зовнішнього рецензента)

РЕФЕРАТ

Структура та об'єм роботи. У магістерську дисертацію входить вступ, 4 розділи, загальні висновки, список використаної літератури. Робота складається з 96 сторінок тексту, 21 таблиці, 43 рисунків та 10 літературних джерел.

Актуальність теми. Для сучасного виробництва одним з найважливіших аспектів є час оброблення деталей, тому що це напряду має вплив на економічну складову. Для виробництва, яке виготовляє складові для протезів нижніх кінцівок, час є найголовнішою проблемою через те, що реалізація деталей відбувається за рахунок проведення тендеру у якого є певні межі часу на виконання. Тому автору необхідно було надати рекомендації для скорочення операційного часу на 20%.

Мета та завдання дослідження. Проаналізувати наявний метод виготовлення деталі складної конструкції «Корпус». Проаналізувати та надати рекомендації по модернізації технологічного процесу за рахунок використання сучасного технологічного оснащення. Дослідити, оптимізувати, та впровадити в роботу нові засоби виробництва.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення модуля гомілки регульовано-з'єднувального вузла який має складну конструкцію.

Предмет дослідження – скорочення операційного часу для виготовлення однієї деталі.

Методи дослідження: ознайомлення та аналіз технологічного процесу, дослідження виникнення проблем технологічної системи яка використовується, аналіз каталогів провідних компаній по виробництву оснащення для отримання повної інформації використання сучасних технологій, дослідження режимів роботи обладнання для можливості зробити рекомендації по оптимізації.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Дослідження рекомендованих режимів роботи технологічного оснащення на прикладі працюючого виробництва, оптимізація цих режимів та встановлення похибки для подальшого її використання при впровадженні нового оснащення.

2. Розробка універсального методу визначення координат осі різального інструменту під час використання редукторів з поворотним кутом осі шпинделя та його впровадження в умовах реального виробництва.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати були впроваджені на виробництві підприємства ТОВ «КБ «Імпульс» та в повну міру використовуються в робочому процесі. В наявності є довідка з виробництва на якому впроваджені результати роботи. Також в наявності є екземпляр експериментального дослідження для підтвердження працездатності результатів.

Апробація результатів дисертації та публікації. Під час роботи над магістерською дисертацією була видана одна теза доповіді на конференції:

Руденко П.А. Оцінка впливу деформації тонкостінних деталей на точність токарного оброблення. XIV international research and practice conference «Conduct of modern science»; Sheffield, UK, 2018.

Ключові слова: модуля гомілки, редуктор з поворотним кутом осі шпинделя, модернізація, режими, оптимізація, метод визначення координат, впровадження.

РЕФЕРАТ

Структура и объем работы. В магистерскую диссертацию входят введение, 4 главы, выводы, список использованной литературы. Работа состоит из 96 страниц текста, 21 таблиц, 43 рисунков и 10 литературных источников.

Актуальность темы. Для современного производства одним из важнейших аспектов есть время обработки деталей, потому что это напрямую влияет на экономическую составляющую. Для производства которое производит составляющие для протезов нижних конечностей, время является самой главной проблемой из-за того, что реализация деталей происходит за счет проведения тендера у которого есть определенные сроки времени на выполнение. Поэтому автору необходимо было предоставить рекомендации для сокращения операционного времени на 20%.

Цель и задачи исследования. Проанализировать имеющийся метод изготовления детали сложной конструкции «Корпус». Проанализировать и предоставить рекомендации по модернизации технологического процесса за счет использование современного технологического оборудования. Исследовать, оптимизировать, и внедрить в работу новые средства производства.

Объект исследования - технологический процесс изготовления модуля голени регулировано-соединительного узла который имеет сложную конструкцию.

Предмет исследования - сокращение операционного времени для изготовления одной детали.

Методы исследования: Ознакомление и анализ технологического процесса, исследования возникновения проблем технологической системы которая используется, анализ каталогов ведущих компаний по производству оснастки для получение полной информации использование современных технологий,

исследования режимов работы оборудования для возможности сделать рекомендации по оптимизации.

Научная новизна полученных результатов:

1. Исследование рекомендованных режимов работы технологического оборудования на примере работающего производства, оптимизация этих режимов и установления погрешности для дальнейшего ее использование при внедрении нового оснащения.

2. Разработка универсального метода определения координат оси инструмента во время использование редукторов с поворотным углом оси шпинделя и его внедрение в условиях реального производства.

Практическое значение полученных результатов. Полученные результаты были внедрены на производстве предприятия ООО «КБ» Импульс »и в полную меру используются в рабочем процессе. В наличии есть справка от производства на котором внедрены результаты работы. Также в наличии имеется экземпляр экспериментального исследования для подтверждения работоспособности результатов.

Апробация результатов диссертации и публикации. Во время работы над магистерской диссертацией был издан один тезис доклада на конференции:

Руденко П.А. Оцінка впливу деформації тонкостінних деталей на точність токарного оброблення. XIV international research and practice conference «Conduct of modern science»; Sheffield, UK, 2018.

Ключевые слова: модуль голени, редуктор с поворотным углом оси шпинделя, модернизация, режимы, оптимизация, метод определения координат, внедрение.

ABSTRACT

Structure and scope of work. The master's thesis includes an introduction, 4 sections, general conclusions, a list of used literature. The work consists of 96 pages of text, 21 tables, 43 drawings and 10 literary sources.

Actuality of theme. For modern production, one of the most important aspects is the time of machining of parts, because this direction has an impact on the economic component. For the manufacturing of components for lower limb prostheses, time is the main problem because parts are sold through a tender that has certain time limits for execution. Therefore, the author had to provide recommendations for reducing operating time by 20%.

The purpose and objectives of the study. To analyze the existing method of manufacturing a part of complex construction "Hull". Analyze and provide recommendations for the modernization of the technological process through the use of modern technological equipment. Investigate, optimize, and deploy new production tools.

The object of study - is the technological process of manufacturing the module of the shin of the adjustable-connecting node, which has a complex design.

The subject of the study- is the reduction of operating time for the manufacture of one part.

Research methods: familiarization and analysis of the technological process, investigation of the problems of the technological system used, analysis of the catalogs of leading equipment manufacturing companies to obtain complete information on the use of modern technologies, the study of equipment operating modes to be able to make optimization recommendations.

Scientific novelty of the obtained results:

1. Investigation of the recommended operating modes of technological equipment on the example of a working production, optimization of these modes and establishment of an error for its further use when introducing new equipment.

2. Development of a universal method for determining the coordinates of the axis of the cutting tool when using gearboxes with a rotating angle of the spindle axis and its implementation in real production.

The practical significance of the results obtained. The obtained results were implemented at the production of the enterprise of DO"Impulse" Co., Ltd and are fully used in the working process. There is a production certificate on which the results of work are implemented. A copy of the experimental study is also available to confirm the workability of the results.

Testing the results of the thesis and publication. While working on it master's thesis, one thesis was presented at the conference:

Руденко П.А. Оцінка впливу деформації тонкостінних деталей на точність токарного оброблення. XIV international research and practice conference «Conduct of modern science»; Sheffield, UK, 2018.

Key words: shin module, spindle axis reducer, modernization, modes, optimization, coordinate determination method, implementation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	14
РОЗДІЛ 1 ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ КОНСТРУКЦІЇ	15
1.1 Службова характеристика та призначення вибраної деталі	15
1.2 Типові технологічні процеси виготовлення деталей складної конструкції	17
1.3 Технологічне оснащення і інструментальне забезпечення для оброблення модуля «Корпус».....	28
1.3.1 Технологічне оснащення для верстата HAAS ST-20Y	28
1.3.2 Технологічне оснащення для свердлильного верстата 2Л53У	30
1.3.3 Інструментальне забезпечення для верстата HAAS ST-20Y	32
1.4 Аналіз недоліків використання таких методів в обробці деталей складної конструкції в умовах сучасного виробництва та провідних технічних можливостей.....	35
1.5 Вирішення проблем в технологічному процесі за допомогою сучасного оснащення	36
1.6 Висновки по першому розділу.....	38
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ КОНСТРУКЦІЇ	39
2.1 Модернізація технологічного процесу за рахунок запропонованих методів сучасного виробництва	39
2.2 Технологічне оснащення в модернізованому технологічному процесі ..	40
2.3. Інструментальне забезпечення в модернізованому технологічному процесі.....	44
2.4. Методи встановлення різального інструменту в редуктор зі змінним кутом осі обертання шпинделя та методи визначення координат відносно координат верстату	49
2.5. Висновки по другому розділу	57
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА РОЗРАХУНКИ НОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПІД ЧАС ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	59
3.1 Дослідження режимів різання старого технологічного процесу, їх аналіз та оптимізація	59
3.2 Аналіз режимів різання модернізованого технологічного процесу та їх оптимізація	65

3.3 Розрахунок нормування технологічних операцій у старому та модернізованому технологічних процесах, аналіз та порівняння.....	66
3.4 Висновки по третьому розділу	75
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	76
4.1 Опис ідеї проекту	76
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	77
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	78
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	82
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	84
4.6 Висновки розділу	87
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	89
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	91
ДОДАТОК А	92

ВСТУП

В теперішній час виникає дуже великий попит на застосування протезів. І велику частину з необхідної продукції займають складові до механічних частин штучних замінників нижньої частини тіла, а саме кінцівок. Через це виробництво, яке виготовляє такі складові для повного покриття попиту повинно бути оснащено найсучаснішим обладнанням для повної автоматизації майже всіх процесів.

Автору було видано завдання модернізації виробництва для скорочення часу обробки одного виробу для того, щоб встигнути виконати замовлення, яке було отримане шляхом проведення тендеру.

Під час виконання поставленої задачі було вивчено та проаналізовано технологічний процес виготовлення модуля гомілки регульовано-з'єднувального вузла який має складну конструкцію. Автор знайшов ряд недоліків використання певного оснащення на певних етапах виробництва. Далі було проаналізоване сучасне технологічне оснащення та надані рекомендації на заміну.

У роботі було досліджено рекомендовані режими роботи технологічної системи, знайдені проблеми їх використання та завдяки проведенню досліджень надані рекомендації для оптимізації певних процесів виробництва. Також були надані рекомендації щодо налаштування та впровадження сучасного технологічного оснащення конкурентоспроможним методом.

В результаті досліджень режимів роботи, їх аналізу та розрахунків завдання було виконане.

РОЗДІЛ 1 ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

1.1 Службова характеристика та призначення вибраної деталі

Деталь «Корпус» представляє собою модуль гомілки регульовано-з'єднувального вузла та має складні поверхні обробки. У цьому елементі гніздо з 4-ма юстувальними гвинтами охоплює юстувальні пірамідки. В деталі також виконано 4 паза для регулювання положення пірамідки при з'єднанні з модулем. Отвори виконані під кутом 75° відносно осі деталі для закріплення пірамідки. Це зроблено для позбавлення можливості зсуву з'єднання поверхонь. На рисунку 1.1 і 1.2 зображено деталь «Корпус» з запресованою трубою і також з'єднання модуль-пірамідка.



Рисунок 1.1 – Деталь «Корпус» в пресовому з'єднанні з трубою[1, с.130]



Рисунок 1.2 – Деталь «Корпус» в пресовому з'єднанні з трубою та складання з елементом «Пірамідка» [1, с.130]

Установки при складанні, що стосуються зміни кута, виробляються за допомогою юстіровочних гвинтів. РЗУ з'єднують функціональні елементи: стопу, колінний і тазостегновий шарніри і гільзу протеза[1, с.105].

Несучі модулі різних довжини і діаметрів разом з гвинтовими РЗУ служать в якості регульованого по довжині з'єднання, наприклад, між стопою і колінним шарніром[1, с.105].

Такі з'єднання призначені для роботи в екстремальних умовах та при критичних навантаженнях. РЗУ в зборці з іншими елементами протезу

забезпечують повноцінну заміну нижньої кінцівки людини, та повинні виготовлятися з відповідних матеріалів та за певними стандартами ISO 22523:2006.

1.2 Типові технологічні процеси виготовлення деталей складної конструкції

При проведенні аналізу вибранного модулю «Корпус» зображеного на рисунку 1.3 мною було встановлено, що дана деталь має в наявності поверхні складної форми, а саме, 4 різьбових отвори М8, внутрішню сферичну та зовнішню конічну поверхню.

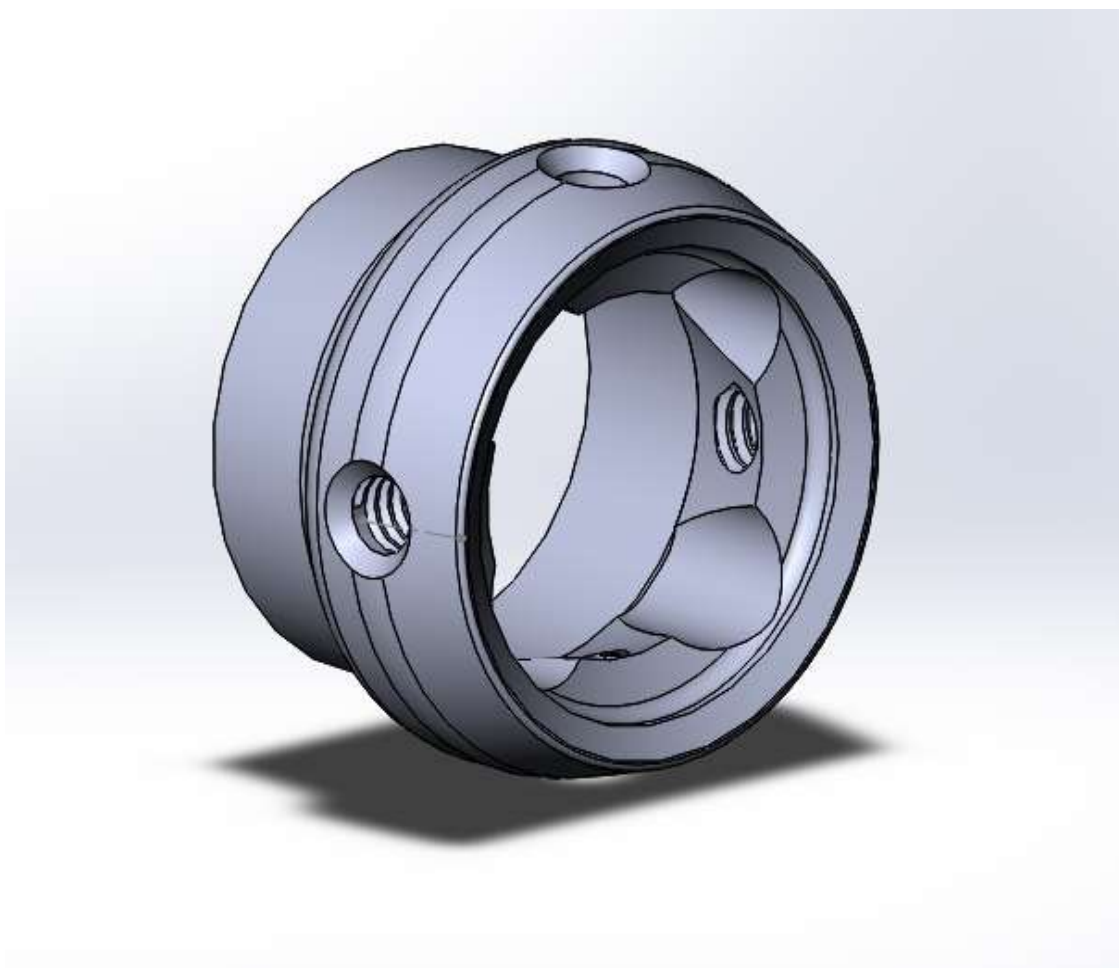


Рисунок 1.3 – Деталь «Корпус»

Заготовкою для деталі слугує прут $\varnothing 50$ та довжиною 500 мм. Завдяки технічним можливостям обладнання, маємо змогу отримувати заготовки відразу після першого установу.

При аналізі технологічного процесу було визначено що дана деталь виготовляється за допомогою двох верстатів:

- HAAS ST-20Y



Рисунок 1.4 – Верстат HAAS ST-20Y[2]

Макс. встановлюваний діаметр над станиною, мм 533[2]

Макс. встановлюваний діаметр над кареткою, мм 533[2]

Макс. опрацьований діаметр (залежить від револьвера), мм 254[2]

Макс. довжина обробки (без патрона), мм 572[2]

Діаметр 3-х кулачкового патрона, мм 210[2]

Макс. діаметр оброблюваного прутка, мм 64[2]

Діаметр отвору в шпинделі, мм 88,9[2]

Макс. частота обертання шпинделя, об / хв . 4000[2]

Максимальний крутний момент, Нм 203[2]

Максимальна потужність шпинделя, кВт 14,9[2]

Переміщення по осі X, мм 213[2]

Переміщення по осі Y, мм $\pm 50,8$ [2]

Переміщення по осі Z, мм 572[2]

Макс. осьове зусилля, Кн 22,7[2]

Макс. швидкість подач, м / хв . 24[2]

Тип револьвера ВМТ65[2]

Кількість інструментальних гнізд в револьвері, шт . 12[2]

Макс. кількість приводних станцій, шт . 12[2]

Макс. швидкість обертання приводного інструмента, об /хв [2]

4000 * / 6000 *[2]

Конус пінолі задньої бабки, № 4 *[2]

Точність позиціонування, мм $\pm 0,0050$ [2]

Повторюємість, мм $\pm 0,0025$ [2]

Обсяг бака ЗОР, л 208[2]

Орієнтовна маса верстата (залежить від комплектації), кг 4278[2]

Гарантія, міс. 12[2]

На даному верстаті встановлена револьверна головка, яка виконана за стандартом ВМТ65. Також існують револьверні головки, які встановлюються на даний верстат, виконані за стандартом VDI. Проаналізуємо кожен стандарт окремо і переконаємось чому ВМТ65 має переваги перед VDI.

Концепція системи VDI:

- Кріплення інструментальної державки: клин з зубами на хвостовику державки[3]
- Регулювання співвісності інструмента: по шпонці або базовій поверхні[3]
- Розташування інструменту: інструментальні позиції встановлені або по [3] радіусу або паралельно осі обертання револьверної головки. [3]
- Затискне зусилля: низьке осьове зусилля затиску[3]

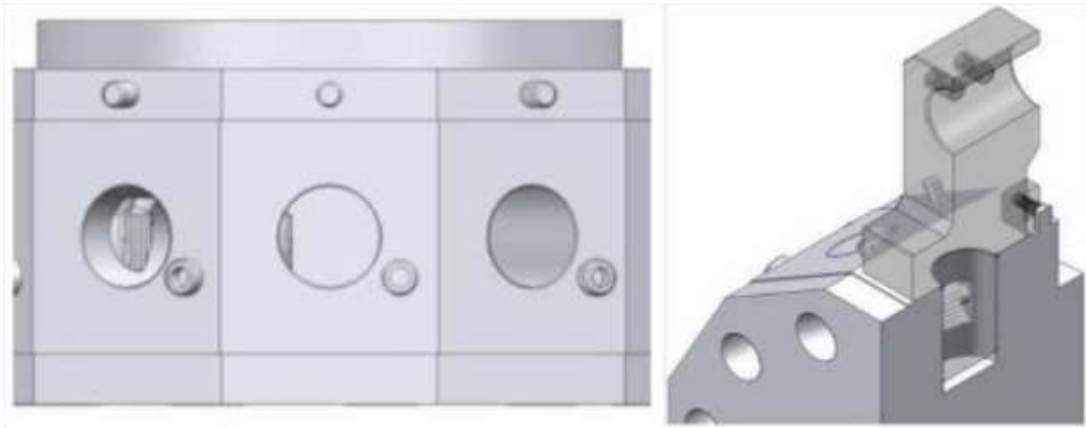


Рисунок 1.5 – Револьверна головка за стандартом VDI[3]

Концепція системи BMT:

- Зажим інструментальної державки: 4 болта
- Позиціонування інструментальної державки: по 4-м напрямних, співвісність не регулюється
- Розташування інструменту: інструментальні позиції встановлені по радіусу
- Затискне зусилля: високе осьове зусилля затиску[3]



Рисунок 1.6 – Револьверна головка за стандартом BMT[3]

Аналіз конструктивних рішень показує, що система VDI має перевагу в швидкості заміни одного інструментального блоку на інший. Система BMT має перевагу в жорсткості кріплення блоку до револьверної голівки за рахунок закріплення за допомогою 4 гвинтів. Далі розглянемо конструкцію інструментальних блоків[3].

Конструкція підшипників кочення в блоках для приводного інструмента:
BMT:

- велику відстань між підшипниками
- три упорних підшипника розташованих в хвостовику, середньої частини і передньому кінці блоку
- кулькові підшипники в хвостовику
- короткий виліт хвостовика 65 мм для BMT-65 з ER-32
- висока жорсткість конструкції блоку

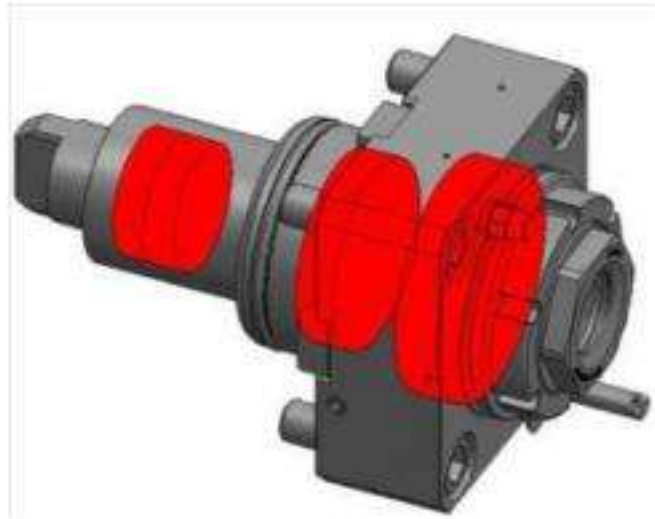


Рисунок 1.7 – Конструкція підшипників кочення в блоках для приводного інструмента за стандартом BMT[3]

VDI:

- коротку відстань між підшипниками
- наполегливі підшипники розташовані тільки в передньому кінці блоку
- голчастий підшипник в хвостовику блоку
- великий виліт хвостовика 78 мм для VDI-40 з ER-32
- знижена жорсткість



Рисунок 1.8 – Конструкція підшипників кочення в блоках для приводного інструмента за стандартом VDI[3]

Порівняння конструкцій блоків показує, що система ВМТ більш жорстка. Це дозволяє досягти більшої точності і повторюваності при обробці приводним інструментом[3].

Відмінною особливістю інструментальної системи ВМТ є можливість застосування багатопозиційних інструментальних блоків і наявність фіксованих проміжних позицій у турелі. Дана властивість дозволяє в револьверної голівці типу ВМТ використовувати до 24-х позицій інструменту, що особливо актуально, для токарних обробних центрів із протівошпинделем і віссю Y, на яких виконується комплексна багато-операційна обробка і 12-ти інструментів може не вистачити для повної обробки деталі[3] .

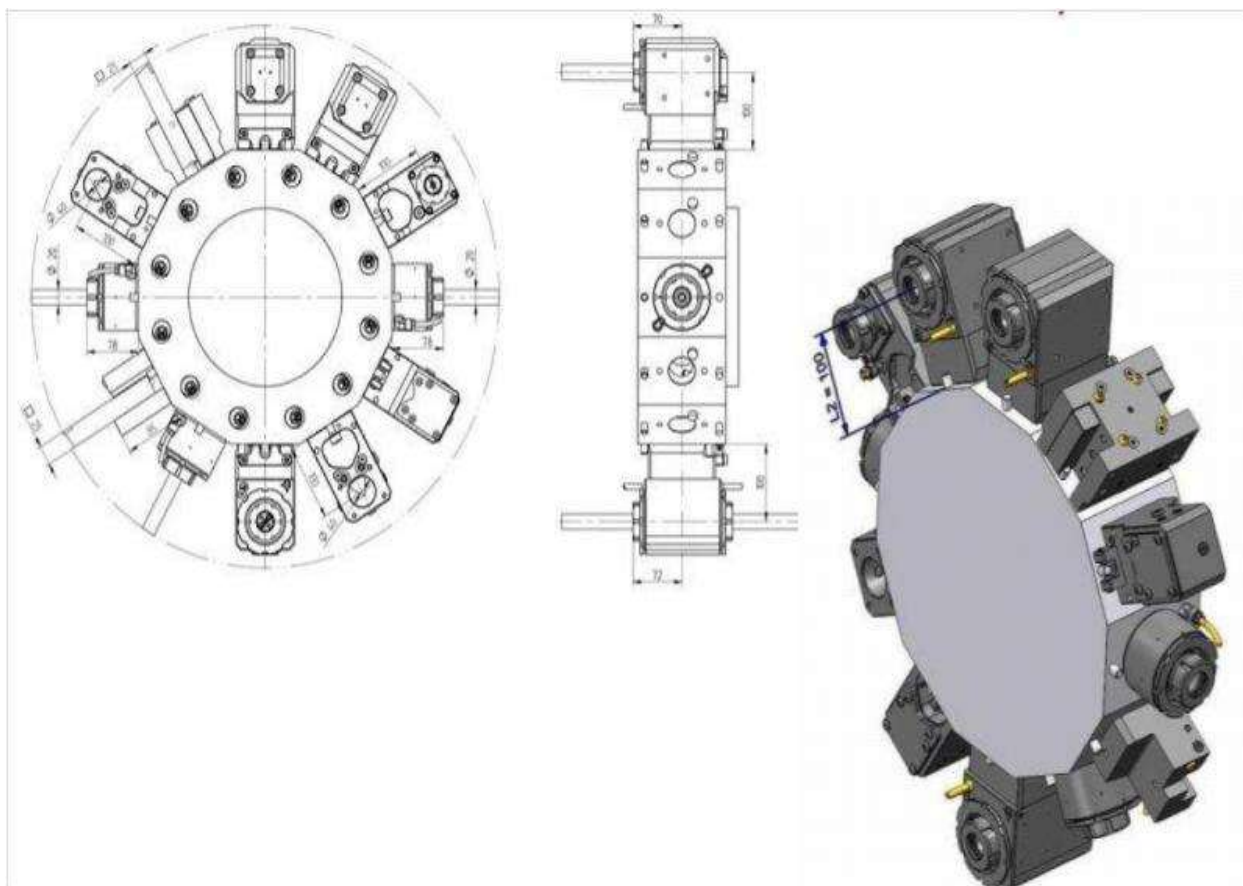


Рисунок 1.9 – Револьверна головка VDI з державками для токарного і приводного інструмента[3]

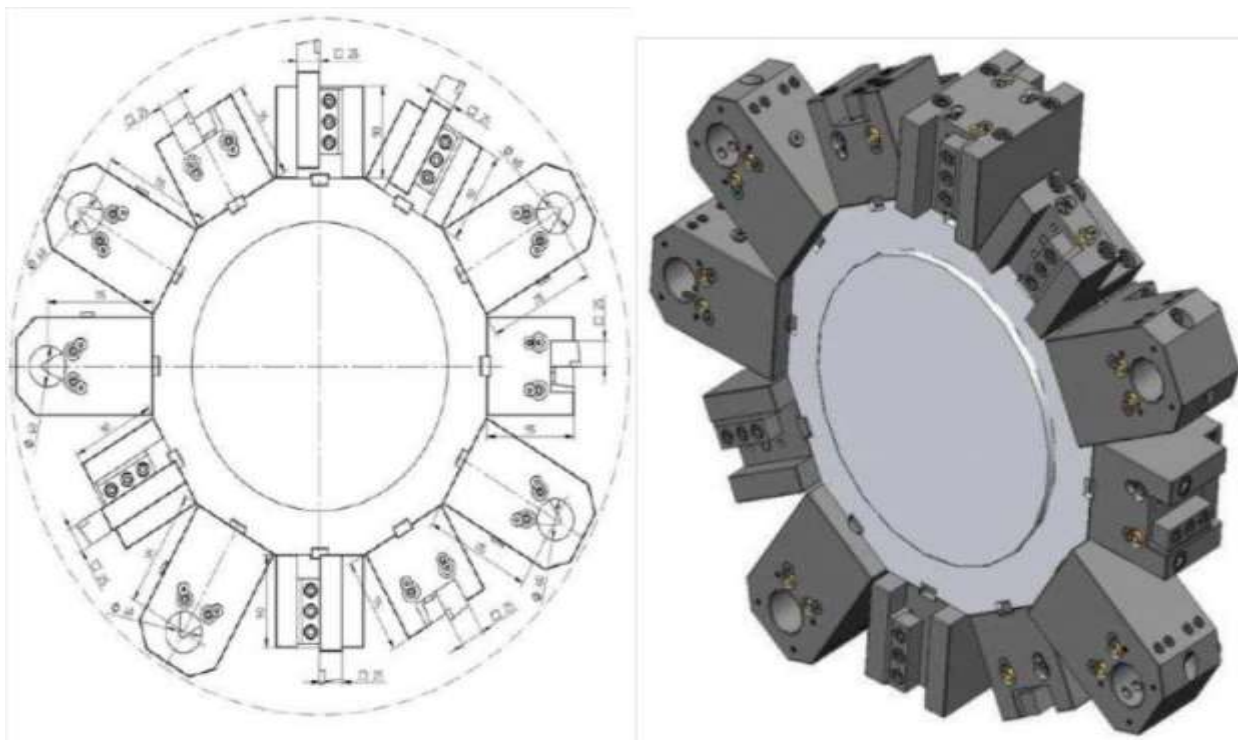


Рисунок 1.10 – Револьверна головка ВМТ з державками без приводного інструмента[3]

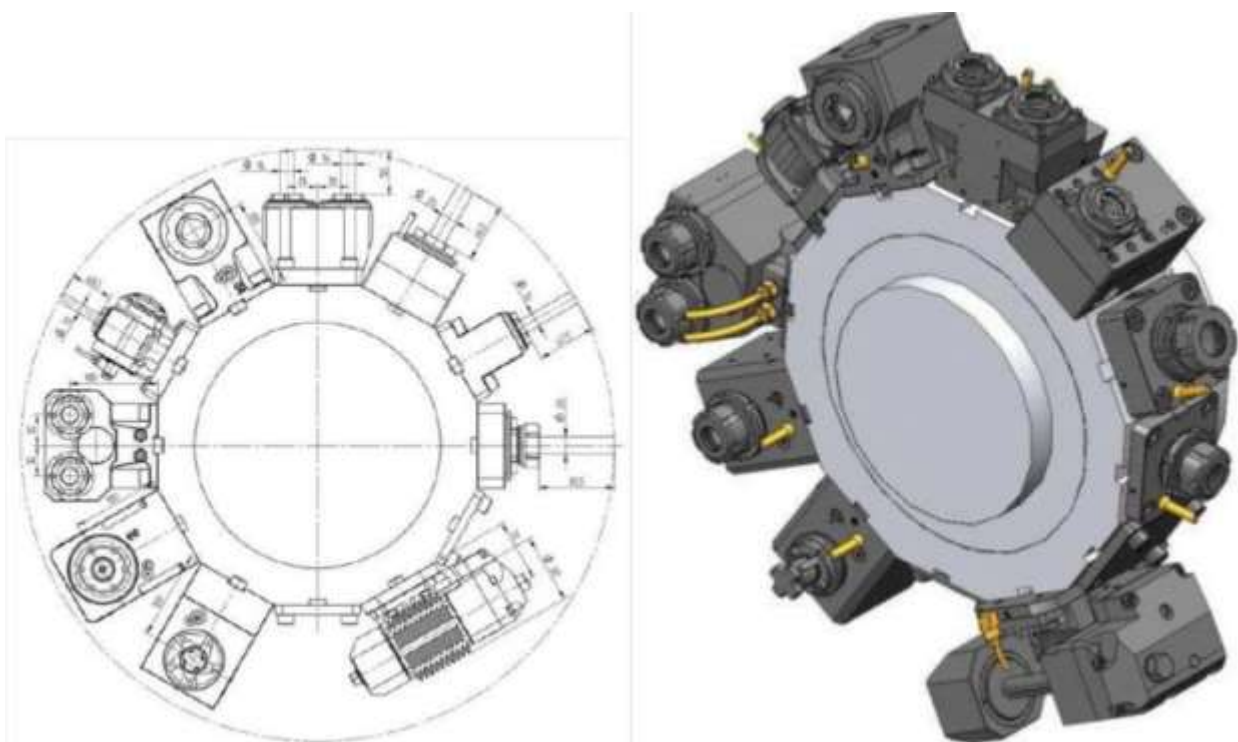
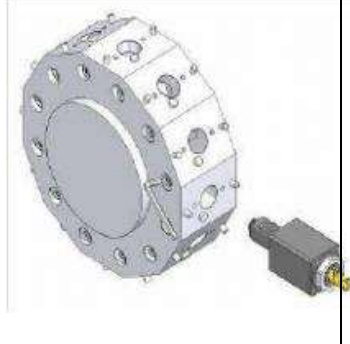



Рисунок 1.11 – Револьверна головка ВМТ з блоками приводного інструмента[3]

На основі вищих тверджень ми можемо зробити висновок, що револьверна головка з системою BMT є кращим вибором, в порівнянні з VDI. Зведемо ключові показники в підсумкову таблицю[3]:

Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця револьверних головок стандартів VDI і BMT

	VDI	BMT
		
Швидке переналагодження	+	--
Стабільність і жорсткість	--	+
Точність повторюваності	-	+
Коротка проекція	-	+
Функція проміжних позицій	--	++
Симетрична конструкція	-	+
Налаштовується висота центру	+	-

Складні поверхні токарного оброблення отримуються завдяки системі верстата з ЧПК. На даному верстаті виріб виготовляється за 2 установи:

1. Закріплення в трьохкулачковий гідравлічний патрон.

На цьому етапі обробки формується зовнішній $\varnothing 33H11$, внутрішній $\varnothing 30H9$ та ступінь R3. Далі заготовка відрізається за допомогою відрізного різця габаритним розміром $L=26$ мм. Під час відрізки заготовка відкривається уловлювач деталі і заготовка потрапляє в корзину.

2. Закріплення в спеціальну оправку по зовнішній циліндричній поверхні.

Цей етап обробки заготовки включає в себе проточку зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 39H11$, зовнішньої конічної поверхні. Також виконується оброблення внутрішньої сферичної поверхні. За допомогою приводного осьового редуктора виконується оброблення пазів $\varnothing 10$.

Всі поверхні оброблюються до кінцевих розмірів завдяки чистовим проходам.

- Свердильний верстат 2Л53У

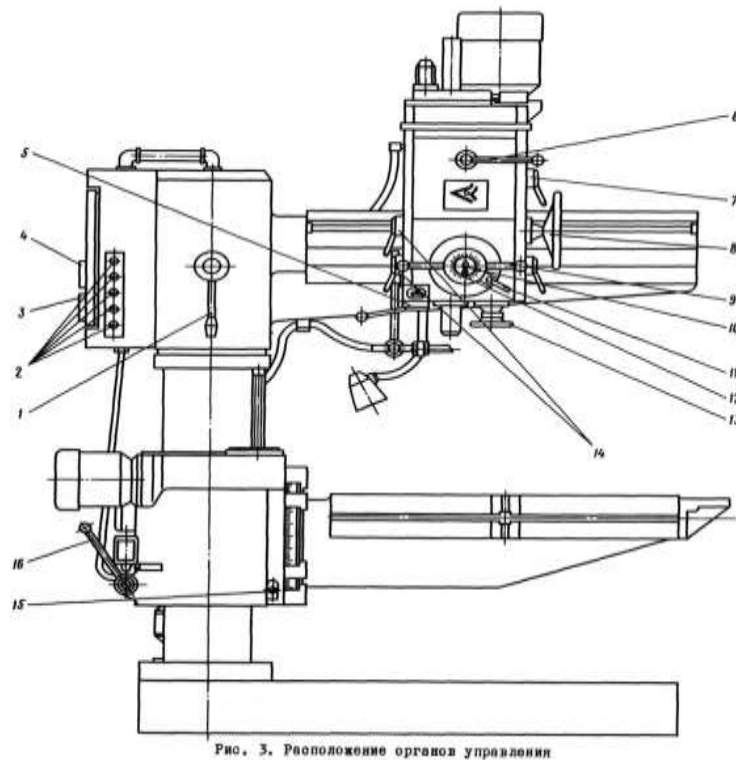


Рисунок 1.12 – Свердильний верстат 2Л53У[4]

Клас точності верстата Н

Найбільший умовний діаметр свердління в сталі 45, мм 35

Діапазон нарізати різьблення в сталі 45, мм $M24 \times 3$

Відстань від осі шпинделя до направляючої колони (виліт шпинделя), мм
290..1000

Найбільше горизонтальне переміщення свердлильної головки по рукаву, мм
710

Найбільша відстань від торця шпинделя до плити, мм 1120

Відстань від торця шпинделя до столу, мм 15..630

Найбільше вертикальне переміщення рукава по колоні (установче), мм –

Найбільше вертикальне переміщення столу по колоні, мм 340

Діаметр колони, мм 240

Кут повороту рукава навколо колони, град 330 °

Розмір поверхні плити (ширина довжина), мм 800 x 1500

підйомний стіл

Розмір поверхні столу (ширина довжина), мм 450 x 800

Кут повороту столу навколо колони, град 360 °

Кут повороту столу навколо горизонтальній осі, град -80 °, + 90 °

Ціна поділки шкали повороту столу навколо горизонтальної осі, град 1 °

Швидкість переміщення столу по колоні, мм / ро 314
шпиндель

Найбільше осьове переміщення пінолі шпинделя

(Хід шпинделя), мм 325

Позначення кінця шпинделя по ГОСТ 24644-81 Морзе 4

Частота прямого обертання шпинделя, об / ро (число ступенів регулювання швидкості) 35,5..1400 (8)

Межі робочих подач на один оборот шпинделя, мм / об (число ступенів регулювання подач) 0,1..1,1 (6)

Переміщення шпинделя на одну поділку лімба, мм 1

Переміщення шпинделя на оборот лімба, мм 94,2

Найбільший допустимий крутний момент, Н · м (кгс) 180 (18)

Найбільше зусилля подачі, Кн 8

Затиск обертання колони Ручний

Затиск рукави на колоні Ручний

Затиск свердлильної головки на рукаві Ручний

Противагу шпинделя Пружинний

Електрообладнання. привід

Кількість електродвигунів на верстаті 3

Електродвигун приводу головного руху, кВт (об / ро) 2,2 (1500)

Електродвигун приводу переміщення столу, кВт (об / ро) 0,56 (1500)

Електродвигун насоса охолоджуючої рідини, кВт (об / ро) 0,125 (2800)

Сумарна потужність встановлених електродвигунів, кВт 3,675

Габарити і маса верстата

Габарити верстата (довжина ширина висота), мм 1850 x 800 x 2430

Маса верстата, кг 2100

Рік виробництва 1977

У даному технологічному процесі є необхідність використання свердлильного верстата с тієї причини, що 4 різьбових отвори знаходяться під кутом 75° до осі. Тому за допомогою кондуктора виконується свердління отворів під кутом. Далі за допомогою спеціального різьбонарізного патрону виконується нарізання нарізі. Для цього деталь закріплюється на поворотному столі за допомогою спеціальної оправки.

1.3 Технологічне оснащення і інструментальне забезпечення для оброблення модуля «Корпус»

1.3.1 Технологічне оснащення для верстата HAAS ST-20Y

1. Трьохкулачковий гідравлічний патрон.(Рисунок 1.13.)
2. Різцетримачі для типу револьвера ВМТ65.(Рисунок 1.14.)
3. Приводний редуктор для осової обробки обертальним інструментом.
(Рисунок 1.15.)

4. Оправка з пазом для базування та закріплення деталі на другому установі.(Рисунок 1.16., Рисунок 1.17.)



Рисунок 1.13.



Рисунок 1.14.



Рисунок 1.15.



Рисунок 1.16.



Рисунок 1.17.

1.3.2 Технологічне оснащення для свердлильного верстата 2Л53У

1. Кондуктор для свердління отворів.(Рисунок 1.18.)
2. Поворотний стіл. (Рисунок 1.19.)
3. Оправка для закріплення заготовки під час нарізання нарізі.
(Рисунок1.20.)
4. Різьбонарізний реверсний патрон. (Рисунок 1.21.)

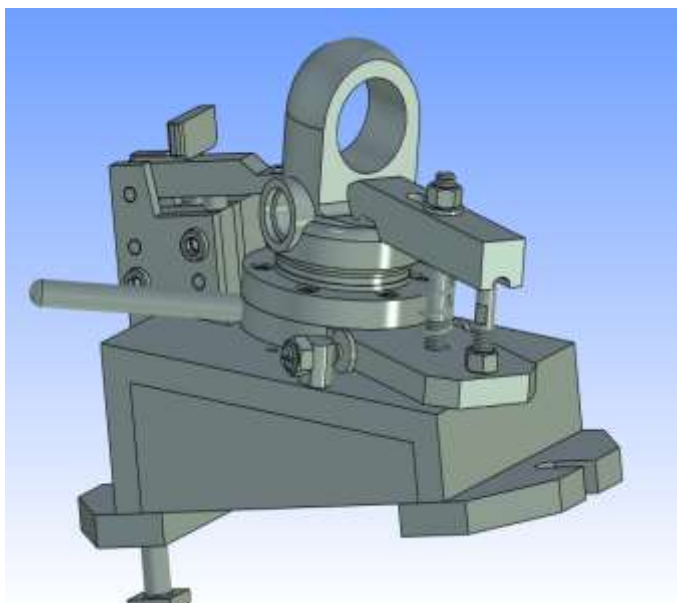


Рисунок 1.18.



Рисунок 1.19[5].

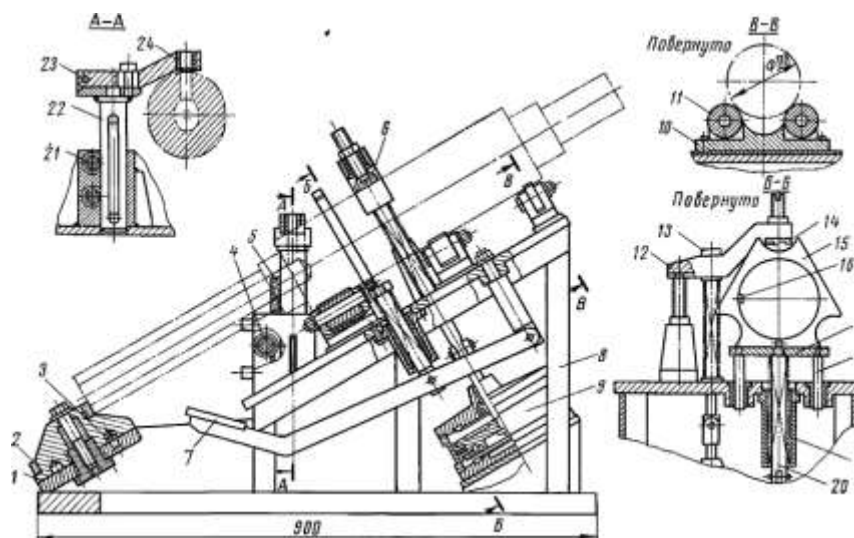


Рисунок 1.20[6].



Рисунок 1.21[7].

1.3.3 Інструментальне забезпечення для верстата HAAS ST-20Y

1. Прохідний різець Sandvik зі змінними пластинами з кутом при вершині 55° і кромкою радіусом R0.8 (Рисунок 1.22.)
2. Свердло $\varnothing 22$ P6M5 з циліндричним хвостовиком. (Рисунок 1.23.)
3. Розточний різець Sandvik зі змінними пластинами з кутом при вершині 80° і кромкою радіусом R0.8 (Рисунок 1.24.)
4. Розточний різець Sandvik зі змінними пластинами з кутом при вершині 55° і кромкою радіусом R0.4 (Рисунок 1.25.)
5. Відрізний різець Sandvik зі змінними пластинами з кромкою радіусом R0.1 (Рисунок 1.26.)
6. Фреза Sandvik зі змінними пластинами (2 шт.) $\varnothing 10$. (Рисунок 1.27.)
7. Центровка $\varnothing 12.5$



Рисунок 1.25 [8].

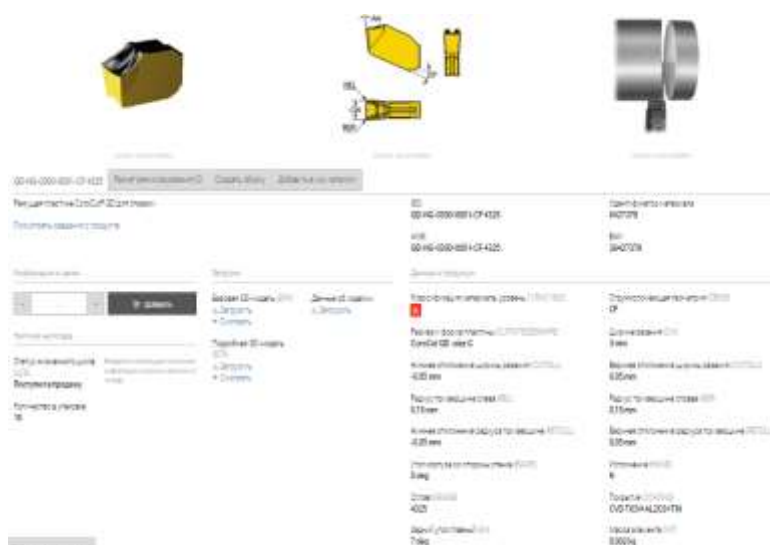


Рисунок 1.26 [8].

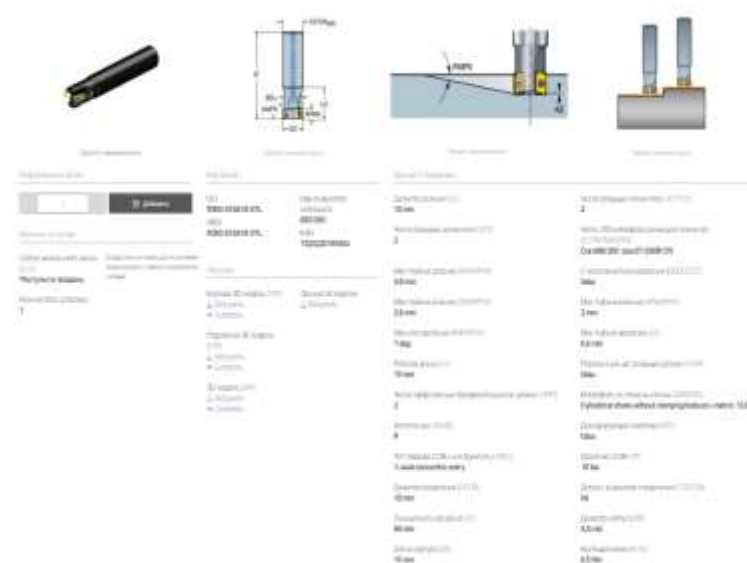


Рисунок 1.27 [8].

1.4 Аналіз недоліків використання таких методів в обробці деталей складної конструкції в умовах сучасного виробництва та провідних технічних можливостей

Розглядаючи і аналізуючи існуючий технологічний процес виготовлення модуля «Корпус» ми можемо спостерігати ряд операцій які недоцільно використовувати з присутніми технічними можливостями нашого технологічного оснащення.

1. Першим пунктом який недоцільно використовувати є перехід на токарно-фрезерному центрі з ЧПК- це свердління отвору $\varnothing 22$ свердлом матеріалу Р6М5. При використанні даного інструменту спостерігаються великі навантаження на привід верстата що зменшує срок коректної роботи. Також цей інструментальний матеріал є недостатньо жорстким для довготривалого використання, тобто при виготовленні великої партії деталей будуть спостерігатися великі витрати на заміну чи переточку інструмента. При використанні даного інструменту для свердління глибоких отворів необхідне забезпечення безперервного потрапляння в зону різання ЗОР, що неможливо зробити при даному оснащенні. При недотриманні необхідної кількості змащувальної рідини в зоні різання утворюються граничні температури, які впливають на характеристики інструменту та його ГПРЧ. Підвищенні температури також викликають зміну структури матеріалу заготовки, відбувається процес закалки, і через це задані режими різання стають неоптимальні для оброблення деталі. Це викликає за собою неможливість коректної обробки поверхні на наступних переходах, і в результаті виникає підвищене зношення різального інструмента. Також при цій проблемі буде неможливо отримати задану точність і шорсткість поверхні, що є неприпустимо для деталей такої конфігурації.

При використанні даного інструменту використовуються режими різання які для такого оснащення є неоптимальні, тому що час оброблення отвору займає дуже багато часу.

2. Другий пункт в технологічному процесі це недоцільне використання операцій свердління та нарізання нарізі на свердлильному верстаті 2Л53У. При

використанні сучасних методів оброблення за допомогою автоматизації, а саме використання систем з ЧПК необхідно максимально зменшувати кількість операцій і переустановів. Під час використання даного технологічного процесу відбувається дві операції: свердлильна і нарізання нарізі. Під час свердлильної операції відбувається 8 переустановів: 4 для свердління отворів і 4 для виготовлення фаски зенкером. Під час операції нарізання нарізі відбувається один установ, але витрачається час на пере налаштування кута поворотного столу. Також проблемою є те, що технічні можливості даного верстату не надають повноцінного використання максимально-оптимальних режимів різання для інструменту, що також збільшує цикл одного переходу. При утворенні отворів використовується кондуктор, який має додаткову похибку базування та закріплення. Через це утворюється похибка позиціонування отворів на деталі. Дана похибка є несуттєвою та допускається за параметрами деталі, але при роботі модуля в збірці виникають додаткові зміщення, які викликають напруження всієї системи, що негативно впливають на якість та механічні характеристики протезу.

1.5 Вирішення проблем в технологічному процесі за допомогою сучасного оснащення

Проаналізувавши всі недоліки першої проблеми ми можемо запропонувати зміни в технологічному процесі, а саме в даному установі. Проводимо заміну свердла Ø22 матеріалу P6M5 на свердло зі змінними пластинами фірми Sandvik DS20-D2200L25-04. Таке рішення прийнято через те, що даний інструмент викреслює всі недоліки попередника, а саме:

- має внутрішню подачу ЗОР, прямо на ріжучу кромку пластини
- режими різання дозволяють зменшити час на обробку отвору
- завдяки внутрішній подачі ЗОР відбувається кращий відвід стружки із зони різання, що викликає менше навантаження на оброблюючу систему, завдяки неможливості потрапляння стружки під задній кут інструмента і відсутності ударів та надломів в зоні різання

Додатковою перевагою використання даного інструменту є його можливість використання замість чорнового розточного різця. Зовнішня пластина має такі ГПРЧ які дозволяють знімати припуск до 2мм. Завдяки більшому поперечному перерізу при закріпленні інструменту збільшується жорсткість системи обробки, тому характеристики оброблюваної поверхні покращуються, що викликає економію різального інструменту на наступних етапах обробки.

Для вирішення другої проблеми було запропоновано виключення з технологічного процесу операцій на свердлильному верстаті. Свердління отворів та нарізання нарізі можливо виконувати під час другого установу на токарно-фрезерному верстаті з ЧПК. Для забезпечення додаткових переходів необхідне використання додаткового оснащення. Цю проблему можливо вирішити за рахунок використання приводного редуктора фірми Heimatec з регульованим кутом повороту осі. У зв'язці з можливостями роботи ЧПК одразу за двома координатами та з можливістю налаштування постпроцесору САМ-системи FeatureCAM на генерування управляючої програми для подачі різання свердлінням під кутом до осі деталі, ми можемо отримати надточну траєкторію руху свердла в напрямку осі його обертання. З необхідних характеристик деталі нам необхідно використовувати 3 редуктора:

1. Свердління
2. Утворення фаски
3. Нарізання нарізі

Проаналізувавши вартість одного редуктора була виявлена проблема, що для утворення фаски недоцільне використання додаткового редуктора. Вирішенням цієї проблеми стала зміна технологічного процесу. Перехід утворення фаски відбувається одночасно з свердлінням отвору. Це стало можливо завдяки використанню спеціального твердосплавного свердла фірми Sandvik для обробки ступені і фаски.

Для закріплення інструменту в даних редукторах використовується цанга яка затягується гайкою. Під час нарізання нарізі з віссю яка знаходиться під кутом до

осі деталі виникають додаткові напруження які впливають на різальний інструмент(мітчик). Для більшого строку експлуатації різального інструменту завдяки зменшенню осьових напружень ми використовуємо спеціальну роцесс ьн цангу. Дана цанга має можливість руху в напрямку осі інструменту і при виникненні граничних напружень в перерізі мітчика відбувається компенсація сил і завдяки руху цанги інструмент не працює понад граничних навантажень.

1.6 Висновки по першому розділу

У першому розділі ми ознайомились з будовою вузла протеза нижньої кінцівки та механікою роботи модуля «Корпус». Переглянули типові методи виготовлення деталі та проаналізували технологічний процес. Під час аналізу знайшли певні проблеми які виникають під час виробництва. Проаналізували доцільність використання даного технологічного процесу за сучасних умов виробництва, сучасних технічних можливостей та наявного обладнання. Обґрунтували недоцільність певних методів які використовуються в порівнянні з доступними способами технологічного забезпечення. Проаналізували сучасне технологічне оснащення і інструментальне забезпечення. Надали можливі методи вирішення поставлених проблем за допомогою аналізу каталогів провідних сучасних виробників обладнання. Повністю розкрили проблематику теми для детальнішого дослідження та вирішення в наступних розділах.

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

2.1 Модернізація технологічного процесу за рахунок запропонованих методів сучасного виробництва

В минулому розділі було запропоновано декілька методів покращення роботи технологічного процесу виготовлення модуля «Корпус». Завдяки запропонованим елементам модернізації з'явилась можливість виключити з технологічного процесу використання свердлильного верстату 2Л53У, що надає можливість скоротити кількість операцій та переустановив. Також зникає необхідність використання додаткового верстату та спеціального оснащення, що скорочує час для налаштування виробництва. Виключається необхідність використання зенкера для утворення фаски завдяки використанню спеціального твердосплавного свердла з розширенням різальної кромки на більший діаметр біля хвостовика. Завдяки цьому надається можливість скоротити час на виготовлення деталі. Зникає необхідність використання спеціального оснащення і верстату. Таке скорочення дає позитивний вплив на економічну складову виробництва що призводить до зменшення собівартості деталі.

Тепер технологічний процес виготовлення деталей відбувається лише на токарно-фрезерному центрі з ЧПК, що надає можливість досягти кращою точності виготовлення отворів які знаходяться під кутом до осі деталі.

Також тепер свердління відбувається свердлом зі змінними пластинами що дозволяє скоротити час на виготовлення отвору з точним розміром завдяки підвищенню режимів різання на даному переході. Конструкція даного свердла також дозволяє проводити перехід чорнового розточування отвору. Таке рішення призводить до скорочення часу зміни інструменту і виключає необхідність використання чорнового розточного різця зі змінними пластинами. Це, в свою чергу, призводить до скорочення кількості різцетримачів на револьверній головці

Рисунок 2.1 – Приводний редуктор фірми Heimatec[9]

Завдяки системі з ЧПК є можливість надати рух подачі револьверної головки верстату на якій закріплений редуктор в напрямку осі кутових отворів, а саме 75° відносно осі обертання шпинделя. Система ЧПК може виконувати такий рух завдяки управляючій програмі, яку ми отримали після компіляції траєкторії за допомогою постпроцесора. Існуючий постпроцесор не надавав можливості використання кута B , і тому ми не мали змоги створити траєкторію нарізання отворів під кутом. Програмне забезпечення для утворення управляючої програми було вибране Autodesk FeatureCAM. Завдяки можливостям цього середовища, а саме редагуванню функцій постпроцесора ми встановили налаштування для утворення траєкторій які направлені під додатковим кутом до осі шпинделя. При моделюванні траєкторії були враховані всі складові 3-D моделі деталі, а також параметри різального інструменту. Це дозволило нам отримати управляючу програму з точністю розташування координат напрямку до 0.001 мм.

Налаштовування кута повороту осі редуктора відбувається завдяки лімбу який знаходиться на корпусі редуктора та мітки на рухомій частині корпуса. При налаштуванні кута поворота осі за лімбом є можливість виникнення похибки в $0,5^\circ$.

При виготовленні отворів такої конфігурації та розташуванні винтів у цих отворах є недопустима наявність такої похибки бо це негативно впливає на їх робочі характеристики. Це викликає додаткові навантаження які створюють додаткові сили, що впливають на характеристики матеріалу винтів та створюють умови підвищеного зношення. Це, в свою чергу, негативно впливає на термін роботи вузла. Також похибка кута нахилу осі недопустима при утворенні отворів та нарізанні в них нарізі різальним інструментом.

При свердлінні з неправильно налаштованим кутом напрямку осі, свердло працює більше однією стороною різальної частини. Це призводить до нерівномірного розподілу сил різання і на різальний інструмент починає впливати додаткова радіальна сила. Для використання свердла це є недопустимо, тому що матеріал твердосплавного інструменту крихкий. Під дією такої сили може

виникнути надлом різальної кромки, що спричиняє злам в поперечному січені інструменту, і різальна частина стає непрацездатною. Також зміна кута спричиняє зміну точності діаметру оброблюваного отвору(свердло починає працювати як фреза), що призводить до утворення більшого діаметру, ніж потрібно для нарізання нарізі мітчиком. Це, в свою чергу, призводить до створення меншої площини поверхні різьбового з'єднання. Через це не досягається необхідної точності нарізі, що також впливає на характеристики закріплення винтів в отворі. Це також викликає додатковий люфт винтів, що негативно впливає на механічні характеристики з'єднання і роботи вузла.



Рисунок 2.2 – Цанга з компенсацією дії сил

При нарізанні нарізі твердосплавним мітчиком ми використовуємо спеціальну цангу з компенсацією дії сил при додатковому навантаженні. Такі навантаження можуть утворюватись при роботі інструменту в отворі з допустимим відхиленням після свердління. Так, як мітчик – це інструмент який при процесі різання має певний вектор напрямку при певних обертах шпинделя редуктора, дія додаткових сил різання недопустима, бо різальна частина входить поступово в різьбове з'єднання з отвором і будь-яка дія додаткових сил викликає навантаження на різальну кромку, що в свою чергу викликає надлом в перерізі і злам самого інструменту. Тому використання спеціальної цанги дозволяє компенсувати дію осьових сил(при виході інструмента з отвору), та радіальних сил(при вході

інструмента в отвір). Різальний інструмент закріплюється в цангу за допомогою чотирьох винтів.

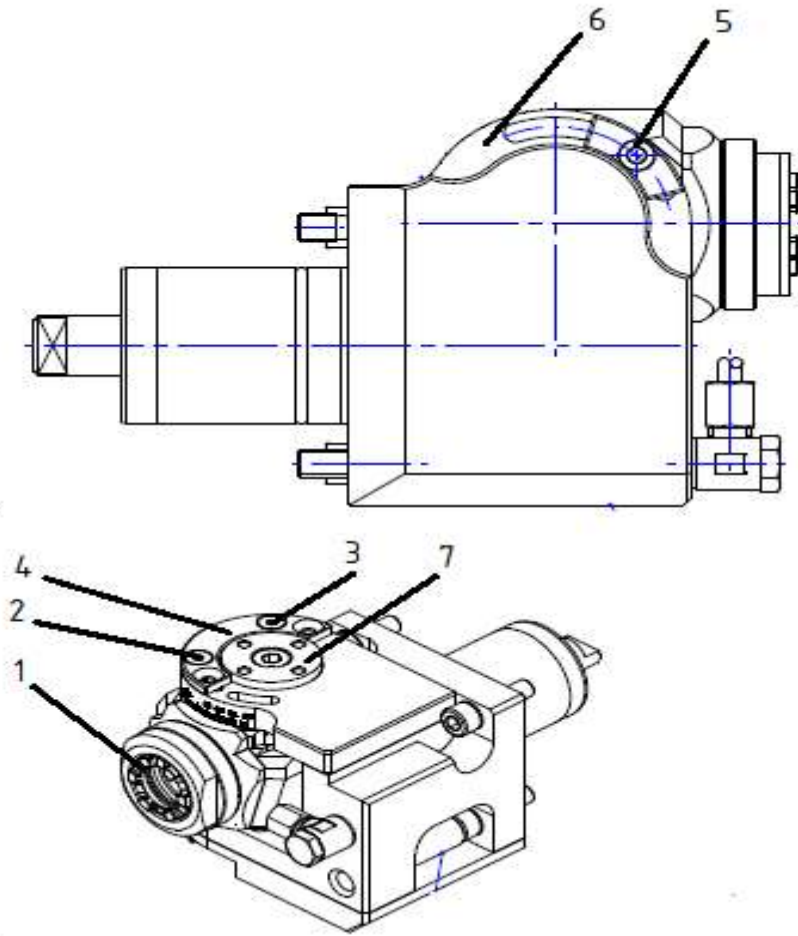


Рисунок 2.3.

Через проблеми, які виникають при некоректному налаштуванні кута нахилу осі редуктора, було запропоновано додатковий метод налаштування точності. Для цього необхідно проточити в кулачках патрона верстата прут $\varnothing 50$ та довжиною 40мм. Відхилення точності від конусності поверхні в різних перерізах буде складати 0.002 мм. Це в свою чергу призведе до відхиленні точності кута в 0.04° . Це допустиме відхилення. Потім необхідно взяти кутомір. Ціна ділення кутоміра 0.06° .

В цангу редуктора 1(рисунок 2.3), необхідно закріпити полірований прут $\varnothing 12_{-0.005}$. Потім необхідно налаштувати повний контакт поверхонь прута $\varnothing 12_{-0.005}$ та поверхні кутоміра. Далі за допомогою спеціального ключа, який надається виробником редуктора, закручуємо гайку 7 до появи мінімального

натягу. Перевіряємо кутоміром точність налаштування кута. Після цього починаємо поступове закріплення поворотної частини редуктора. Спочатку закручуємо два винта 2 і 3 з фіксуною пластиною 4 з однієї сторони, а потім один винт 5 з фіксуною пластиною 6 з іншої сторони. Перевіряємо кутоміром точність налаштування кута. Далі затягуємо гайку 7 до моменту повної фіксації рухомої частини. Перевіряємо кутоміром точність налаштування кута. При відхиленні кута після контрольної перевірки необхідно повторити процедуру закріплення. Після точного закріплення ми отримали похибку поділок лімба яка склала 0.5° . Налаштування подачі ЗОР в зону різання інструменту відбувається за допомогою двох гайок та мідної трубки. Система ЗОР кожного редуктор налаштовується окремо під різний різальний інструмент. Гайка для закріплення цанги в шпинделі редуктора має три пази. Для закріплення такої гайки виробник редукторів надає спеціальний ключ.

2.3. Інструментальне забезпечення в модернізованому технологічному процесі

Разом з технологічним оснащенням при розробці модернізації технологічного процесу було запропоновано використання нового різального інструменту. Таке рішення було зумовлене тим, що сучасні виробники інструменту мають в наявності вироби які дозволяють пришвидшити час виробництва деталі. Нові різальні інструменти мають можливість працювати за вищих режимах різання та мають універсальність конструкції. Далі переглянемо окремо кожен інструмент та проаналізуємо переваги його використання.

Перший інструмент, який ми включили в новий технологічний процес – це свердло зі змінними пластинами $\varnothing 22$ (Рис.2.4) фірми Sandvik (DS20-2200L25).

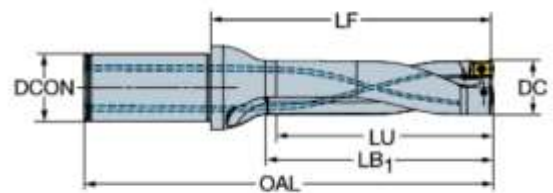


Рисунок 2.4 – Свердло Sandvik(DS20-2200L25) [8]

Найближе на складе		Диаметр резания (DC)	нижнее отклонение допуска отверстия (TCHAL)
		22 mm	0 mm
Статус жизненного цикла (LCS)	Войдите в систему для получения информации о заказе и наличии на складе	Верхнее отклонение допуска отверстия (TCHAU)	Рабочая длина (LU)
Поступил в продажу		0.33 mm	88 mm
Количество в упаковке	1	Отношение рабочей длины к диаметру (ULDR)	Мак предел регулировки (ADJLR)
Код заказа		4	0.34 mm
ISO: DS20-D2200L25-04	Идентификатор материала: 7548636	Часть 2 ID интерфейса режущего элемента (CUTINTMASTER)	Интерфейс со стороны станка (ADINTMS)
ANSI: DS20-D2200L25-04	EAN: 7323223643087	CoroDrill DS20-0205-C (DS20-0205-C) CoroDrill DS20-0205-P (DS20-0205-P)	Cylindrical shank (ISO9766 drill shank) -metric: 25
Загрузки		Тип подвода СОЖ к инструменту (CNSC)	Давление СОЖ (CSP)
Базовая 3D-модель (STR)	Данные об изделии	4: axial concentric entry on circle	10 bar
Загрузить	Загрузить	Диаметр соединения (DCON)	Главный угол в плане (KAPP)
Смотреть		25 mm	81 deg
		Высота режущей части (PU)	Общая длина (OAL)
		0.558 mm	169 mm
		Функциональная длина (LF)	Длина корпуса (LB1)
		112.442 mm	91 mm
		Мак частота вращения (RPMX)	Масса элемента (WT)
		16000 1/min	0.401 kg

Рисунок 2.5 – Характеристики свердла Sandvik(DS20-2200L25) [8]

Дане свердло має можливість заміняти одразу два інструмента. Можливість працювати замість розточного різця, який робить чорновий прохід, надає нам можливість скоротити час на обробку деталі. Також вибраний різальний інструмент має змінні пластини, що скорочує час на заміну інструменту. При коректних режимах роботи, пластини утворює точність поверхні яка задана за технічним завданням. Період стійкості різальної кромки пластини було визначено експериментальним методом за підбором різних режимів різання. Це зумовлено тим що рекомендовані режими різання наданні виробником використовуються при ідеальних умовах оброблення. В нашому випадку проблематика виникає в тому, що виготовлення деталей відбувається з заготовки яка має довжину 500мм, і тому при процесі обробки через задану швидкість різання і оберти в заготовці виникають вібрації що негативно зумовлюються на періоді стійкості різальної кромки пластини. Вібрації відбуваюся і на переході свердління і на переході

розточування. Це зумовлює нерівномірну площину різання різальною кромкою, через що стружка потрапляє під задній кут різальної кромки і утворюються різкі підвищення сил різання які можуть призвести до злому твердосплавної пластини. Також вібрації зменшують точність і якість обробленої поверхні, що негативно впливає на режими різання які використовуються для інструмента на наступних переходах. Дане свердло має два канали підводу ЗОР безпосередньо в зону різання, на зовнішню та внутрішню поверхню відповідно. Таке рішення дозволяє достатньо охолоджувати зону різання для роботи заданих режимів без перенавантаження, яке може бути зв'язане зі зміною структури оброблюваного матеріалу. Також доступ ЗОР під тиском в зону різання надає прискорення стружці і вона активно сходить з різальної кромки що зменшує силу різання та можливість викликати надлом у пластини. Головний кут різання у даного свердла складає 81° що надає можливість економії матеріалу при переході торцювки на наступній деталі.

Другий інструмент, який було вибрано при розробці модернізованого технологічного процесу – це свердло $\varnothing 6,9$ з можливістю обробки уступа та фаски (Рис.2.6.) фірми Sandvik(460.2-0690-021A1-XM GC34).

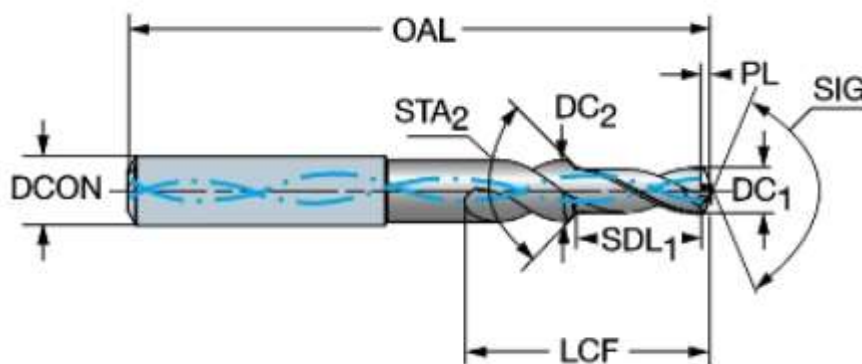


Рисунок 2.6 – Свердло фірми Sandvik(460.2-0690-021A1-XM GC34) [8]

Наличие на складе:		Классификация материала, уровень 1 (TMC/ISO) P M K N S H	Диаметр резания (DC1) 6,9 mm
Статус жизненного цикла (LCS) Поступил в продажу	Войдите в систему для получения информации о ценах и наличии на складе	Диаметр резания (DC2) 9,32 mm	Точность отверстия (TCH4) H9
Количество в упаковке 1		Длина ступени (SDU) 19,8 mm	Рабочая длина (LU) 22 mm
Код заказа		Интерфейс со стороны станка (ADINTMS) Cylindrical shank (DIN6535-HA) - metric: 10	Допуск на диаметр соединения (TCDX) h6
ISO 460.2-0690-021A1-XM GC34	Идентификатор материала 6762653	Сплав (GRADE) GC34	Основа сплава (SUBSTRATE) HC
ANSI 460.2-0690-021A1-XM GC34	EAN 26762653	Покрyтие (COATING) PVD TiAlN	Стандарт (BSQ) COROMANT
Загрузки		Тип подвода СОЖ к инструменту (CHSC) 4: axial concentric entry on circle	Давление СОЖ (CP) 20 bar
Базовая 3D-модель (STP) Загрузить Скачать	Данные об изделии Загрузить	Диаметр соединения (DCOH) 10 mm	Угол при вершине (SIO) 140 deg
Подробная 3D-модель (STP) Загрузить Скачать		Высота режущей части (PL) 1 mm	Общая длина (DAL) 89 mm
		Функциональная длина (LF) 88 mm	Длина стружечной канавки (LCF) 37 mm
		Max число переточек (NORGMX) 3	Max частота вращения (RPMX) 13840 1/min
		Масса элемента (WT) 0,083 kg	Sensor embedded property (SEP) 0

Рисунок 2.7 – Характеристики свердла Sandvik(460.2-0690-021A1-XM GC34)

[8]

Вибране свердло, як і попереднє, при робочому процесі, також має можливість виконувати функції одразу двох інструментів. Під час процесу обробки за один перехід одразу утворюється отвір $\varnothing 6,9$ та фаска $1,6 \times 45^\circ$. Таке технічне рішення дозволяє скоротити з технологічного процесу перехід з використанням інструмента зенкер, що в свою чергу позитивно впливає на скорочення часу процесу зміни інструмента. Також при використанні даного свердла зникає необхідність використання додаткового редуктора зі змінним кутом осі обертання інструменту, що позитивно впливає на вартість виготовленої деталі. Матеріал, з якого виготовлено дане свердло – твердий сплав. Це дає можливість використання різального інструменту на максимально допустимих режимах різання, які в декілька разів перевищують режими роботи свердл з швидкорізальних сплавів. Також, через матеріал з якого виготовлено свердло, інструмент має високу стійкість до зносу, що в свою чергу, підвищує робочий ресурс інструменту яким виготовляються отвори та дозволяє виготовити більшу кількість отворів. Даний фактор позитивно впливає на економічну складову при виготовленні деталі. Це

веде за собою меншу кількість переустановів інструменту. Свердла такого матеріалу також піддаються переточці, але при виконанні відновлення різальної кромки зникає спеціальне покриття, що веде за собою зменшення ресурсу роботи різального інструменту. Також при проведенні переточки зменшується довжина різальної частини свердла, що призводить до зміни глибини різання свердла. В нашому випадку це є негативним фактором, тому що змінюється відстань від основних різальних кромок до різальної частини яка утворює фаску. При налаштуванні роботи даного свердла, безпосередньо на верстаті, використовуються координати вираховані за допомогою щупа виміру положення інструменту, і при роботі управляючої програми виконується співвідношення цих координат. При зміні довжини необхідно враховувати зміну глибини свердління, що в свою чергу, викликає зміну координат глибини різання в управляючій програмі. Така зміна викликає за собою похибку утворення фаски і безпосередньо негативно впливає на утворений розмір. Також на ресурс даного свердла впливає налаштування кута повороту осі шпинделя приводного редуктора. При утворенні похибки кута свердління, яке відбувається за точними координатами заданими в управляючій програмі, процес проходить не в точному співвідношенні осі різального інструменту до осі утворювального отвору. Таке явище викликає утворення додаткових сил при різанні що впливають на різальну кромку і викликають швидше зношення. Також в цьому випадку свердло знімає більше припуску ніж треба(відбувається фрезерування свердлом), що призводить до відхилення розміру отвору. Такий фактор негативно впливає на розмір нарізі, яка утворюється після використання мітчика, і це впливає на коректність співвідношення нарізі отвора до нарізі на винті. Така проблема викликає зменшення ресурсу роботи кріпильних отворів модулю і всього вузла в цілому.

2.4. Методи встановлення різального інструменту в редуктор зі змінним кутом осі обертання шпинделя та методи визначення координат відносно координат верстату

Метод визначення координат точки осі різальної кромки інструменту є однією із важливих складових під час налаштування процесу виробництва нашої деталі. Так, як за нашим технічним завданням оброблювана поверхня має високі характеристики точності і робота інструменту відбувається під кутом до осі обертання, визначення координат точки прив'язки інструменту має бути з допуском мінімальних похибок. Нами було запропоновано декілька методів визначення цієї точки. Можливість використання даних методів полягає в технічних можливостях виробництва. Для повноцінної роботи інструмента нам необхідно визначити координати прив'язки точки інструмента відповідно до координат верстату відповідно до осі Z та X. Якщо при використанні осьових або радіальних приводних редукторів ми маємо можливість знаходження цієї точки за рахунок підводу різального інструмента до вимірювального щупа та методом дотику до нього різальною кромкою ми отримуємо точні координати (точність визначення координат залежить від точності налаштування вимірювального щупа), то при використанні приводних редукторів зі змінним кутом нахилу осі різального інструменту виникає проблема позиціювання цієї точки.

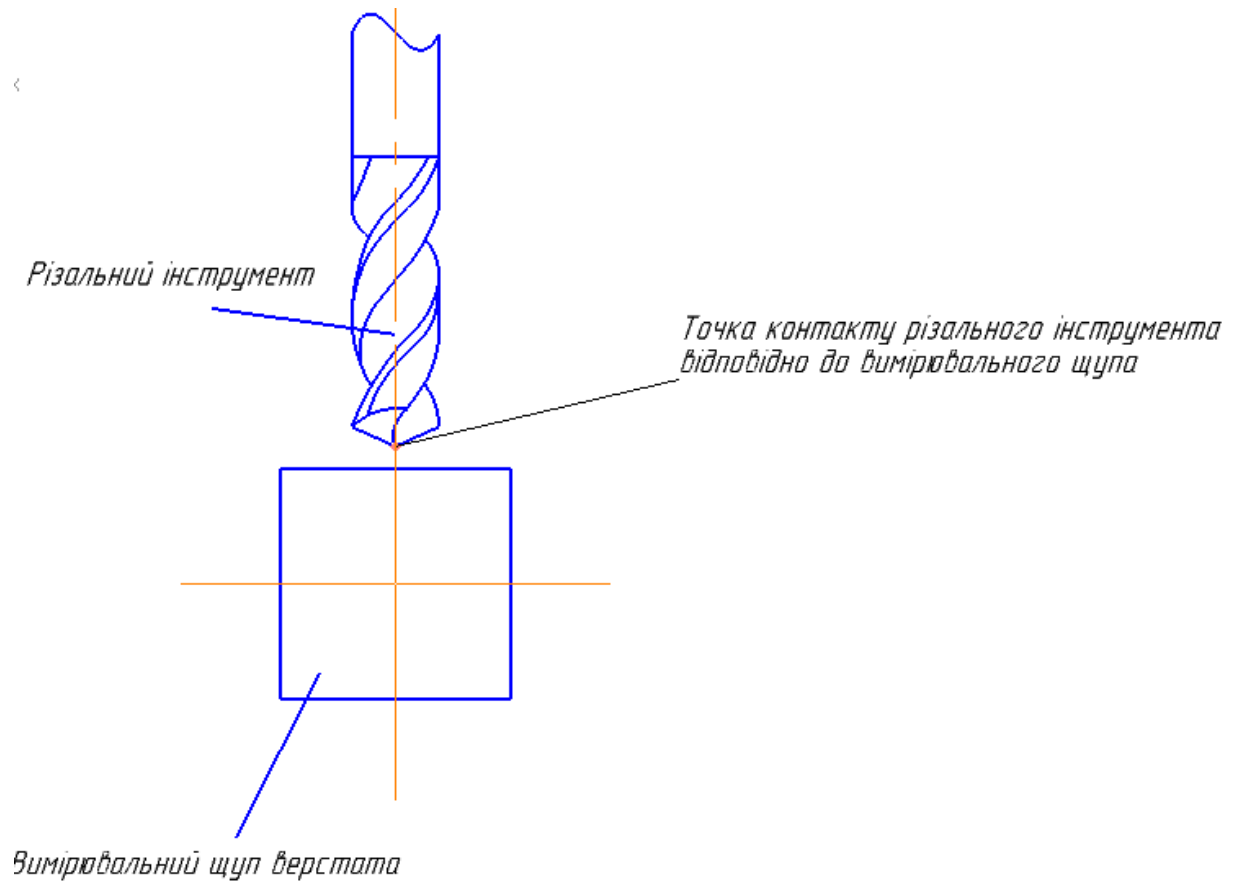


Рисунок 2.8 – Схематичне зображення знаходження координати інструменту по осі X при використанні радіальних приводних редукторів



Рисунок 2.9.

Вимірювальний щуп(Рисунок 2.9.) має квадратну форму, тобто поверхня дотику різального інструменту знаходиться завжди перпендикулярно до напрямку

осі роботи різання. При визначенні координат по одній з двох осей при використанні кутових приводних редукторів виникає проблема в тому, що при дотику різального інструменту до щупа точка контакту не відповідає точці яка знаходиться на осі інструменту через що ми маємо похибку Z прив'язки відповідно до координат верстату, що викликає за собою некоректні розміри виготовлення отвору.

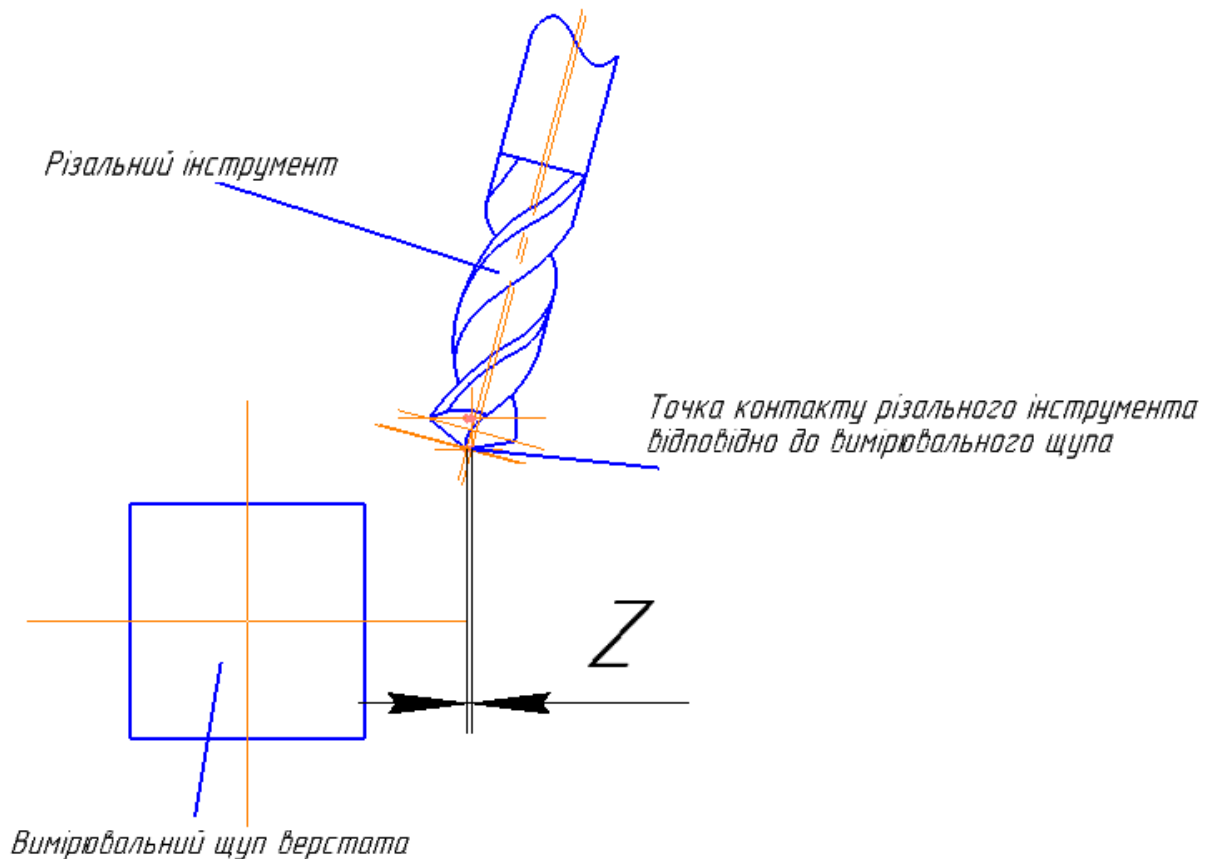


Рисунок 2.10 – Схематичне зображення похибки Z координат інструменту при використанні приводних редукторів зі змінним кутом нахилу осі

Через виникнення такої похибки прив'язки було запропоновано два методи визначення коректної точки місцезнаходження осі різального інструмента.

Перший метод базується на використанні програми САПР. Для знаходження необхідної нам точки на осі створюємо кресленик різального інструмента, який виконано під необхідним кутом різання. Кресленик виконуємо в дотриманні усіх заданих розмірів з врахуванням допусків на розмір різального інструмента. Далі за допомогою функції системи для визначення розмірів отримуємо розміри

відхилення отриманої точки від точки яка знаходиться на осі інструмента. Наступним етапом виконуємо дотик закріпленого різального інструмента до щупа визначення координат на верстаті по осі X. Після цього завдяки дотику по осі Z отримуємо координати крайньої лівої точки інструменти. Далі завдяки отриманим розмірам Z з програмного забезпечення вводимо корекцію у комп'ютері верстата. Завдяки цим розрахункам ми можемо отримати коректну точку прив'язки різального інструменту.

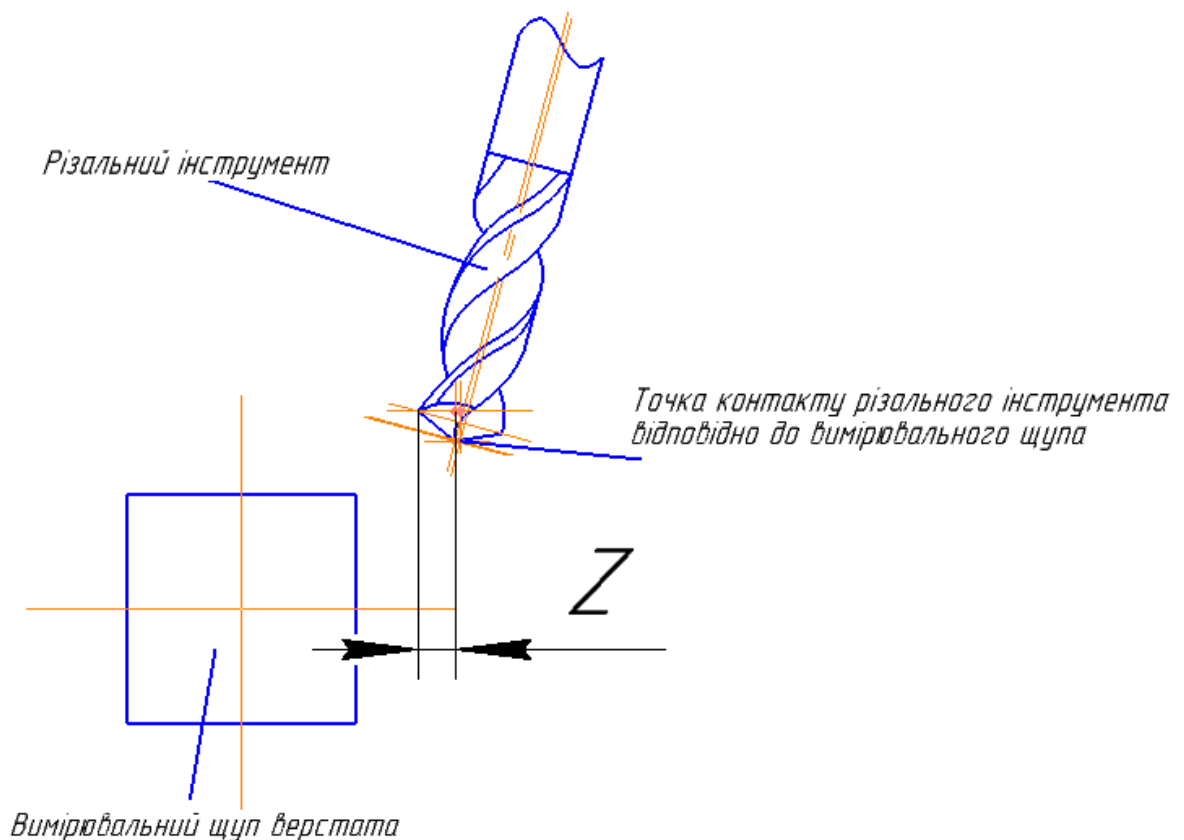


Рисунок 2.11 – Отримання розміру Z за допомогою САПР Компас-3D V16.1

Даний метод дозволяє нам надточно розрахувати координати точки прив'язки, але в ньому є декілька недоліків. Як раніше було зазначено, при налаштуванні редуктора зі змінним кутом осі обертання різального інструмента завдяки моменту затиску може виникати похибка позиціювання кута нахилу. При використанні першого метода ми вказуємо в системі автоматичного проектування точне значення кута при відхиленні якого змінюється розташування точки прив'язки. Це за собою може викликати роботу різання інструмента не в осі обертання, що

негативно впливає на точність позиціювання отвору, його розміри та ресурс роботи різального інструмента. Також ще одним недоліком даного метода є те, що кресленик різального інструмента виконується у дотриманні стандартних розмірів заданих виробником. Але розмір різного інструменту має допуск на виготовлення - 0.02 мм, що також негативно впливає при врахуванні точки прив'язки, бо в системі ми вказуємо надточний розмір діаметра інструмента.

При аналізі першого методу встановлення позиції точки прив'язки інструменту ми вирішили, що є необхідність використання спеціального інструменту. Так ми розробили другий метод визначення коректної точки місцезнаходження осі різального інструмента.



Рисунок 2.12.

Другий метод полягає в використанні спеціально виготовленого інструменту «Напівсфера»(Рисунок 2.12.). Даний інструмент було виготовлено також за допомогою верстату з ЧПК HAAS ST-20Y. Застосування такого верстату було необхідно в зв'язку з аналізом точності поверхні та точності виконання сферичної поверхні на торці інструмента. Діаметр хвостовика даного інструменту було виготовлено за розміром $\varnothing 8_{-0.01}$ для закріплення в цангу редуктора ER25. Основна

циліндрична поверхня була виконана за розміром $\varnothing 12_{-0.01}$. Такий розмір було вибрано для отримання на кінці інструмента надточної сфери R6. Сферична поверхня слугує поверхнею дотику інструмента до вимірювального щупа.

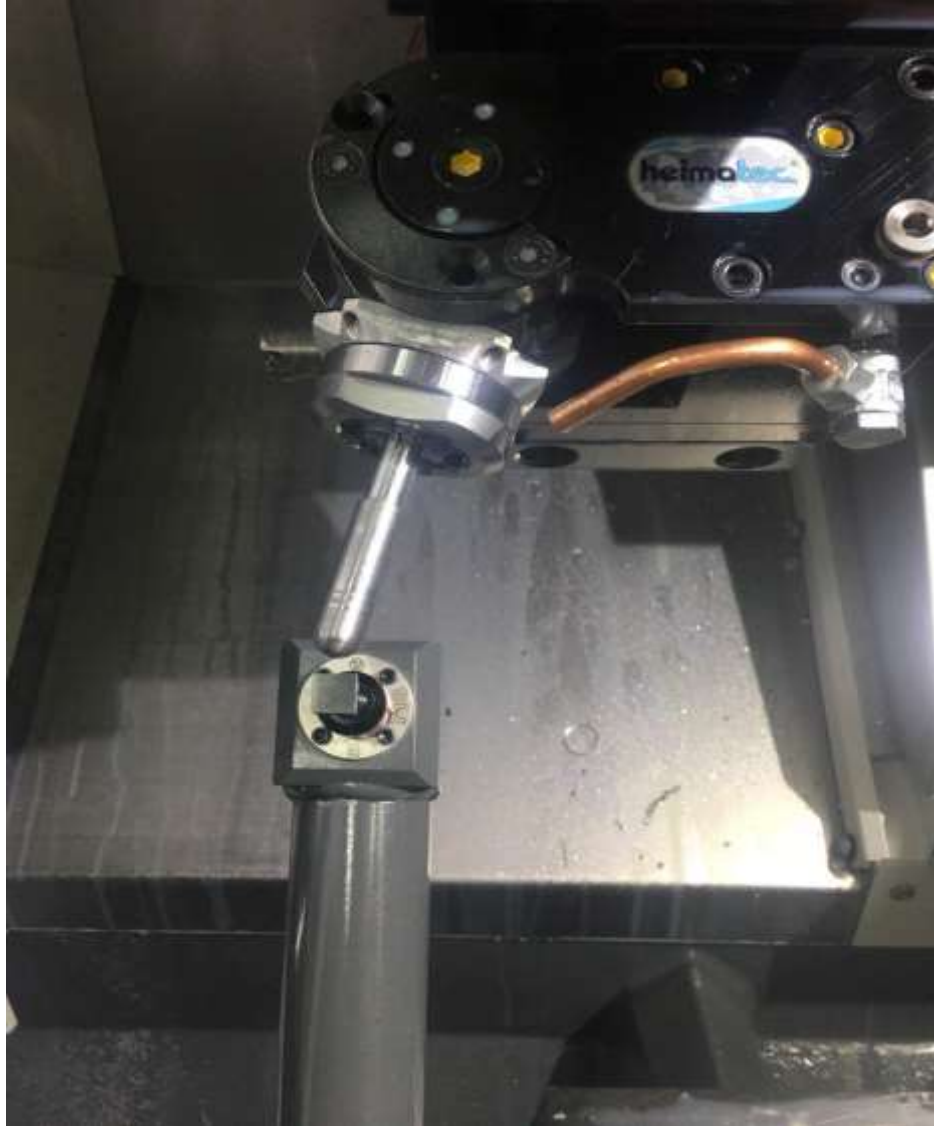


Рисунок 2.13 – Метод визначення точки позиціювання різального інструмента завдяки інструменту «Напівсфера»

Також виникає необхідність виготовлення декількох інструментів «Напівсфера» з різною довжиною хвостовика. Це зумовлено різною довжиною хвостовиків різального інструменту і для налаштування коректної довжини вильоту з цанги в шпинделі редуктора.

Завдяки властивості сферичної поверхні мати єдиний центр обертання ми можемо завдяки наявності точного розміру радіуса інструмента знайти місцезнаходження точки прив'язки на осі обертання шпинделя редуктора.

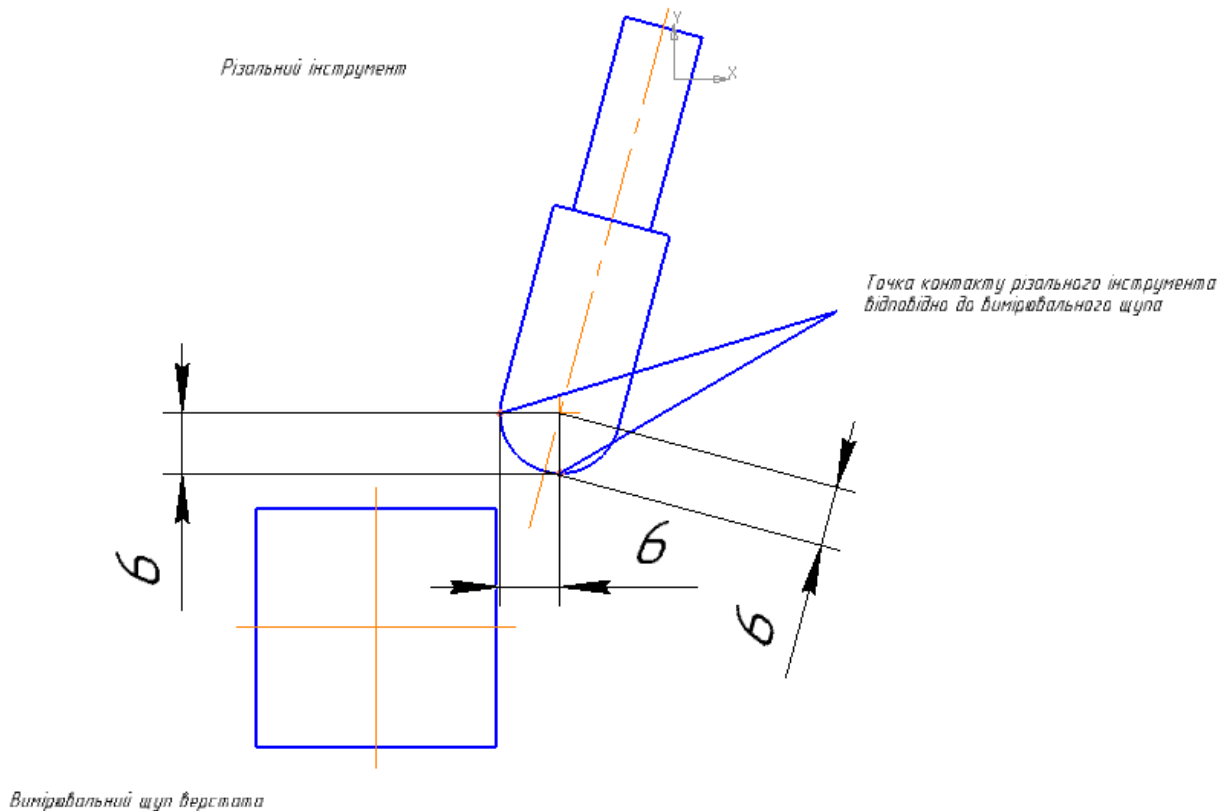


Рисунок 2.14 – Схема визначення точки позиціювання різального інструмента завдяки інструменту «Напівсфера»

Далі, після дотику сферичною поверхнею щупа відповідно до осі X та Z нам необхідно внести до комп'ютера верстата коригування. Так як радіус сфери дорівнює 6 мм, при коригуванні осі Z вносимо значення розміру на корекцію 6мм, а при коригуванні осі X вносимо значення розміру на корекцію 12мм. Для осі X було внесено таке значення, тому що система ЧПК FANUC за допомогою якої працює верстат, зчитує значення в діаметральному розмірі, тому всі корекції по цій осі вказуються з урахування збільшення або зменшення значення в 2 рази. Далі ми виконуємо зміну інструмента в редукторі на різальний інструмент. Так як точкою прив'язки інструмента вказано центр сферичної поверхні нам необхідно врахувати зміну довжини вильоту інструмента зі шпинделя редуктора, точніше від торця цанги. При встановленні різального інструменту довжина вильоту буде менше

довжини вільоту інструмента «Напівсфера» на 6мм. Щоб досягти точного налаштування вільоту різального інструменту необхідно поступово закручувати гайку, яка фіксує цангу і перевіряти розмір довжини вільоту. В нашому випадку точність довжини вільоту є необхідною, тому що ми використовуємо спеціальне свердло з кромкою для утворення фаски. При створенні управляючої програми враховується відстань від точки основної різальної кромки свердла до точки початку кромки для утворення фаски і при неправильному налаштуванні довжини вільоту ми отримаємо фаску невідповідну до розмірів вказаних у технічному завданні.

При використанні даних методів отримання координат точки прив'язки різального інструмента відносно координат верстата необхідно використовувати інструмент який має однакові параметри. Тобто одночасне використання нового і вже переточеного інструмента є недопустимим, через зміну його довжини різальної частини. Це може викликати некоректно утворену поверхню після оброблення і навіть поломку різального інструмента. Тому при використанні переточеного інструменту нам кожного разу необхідно вносити корекцію в управляючу програму за рахунок будови нової траєкторії руху різального інструменту що викликає повну зміну координат за якими відбувається обробка.

Недоліком використання даного метода отримання координат точки прив'язки різального інструмента відносно координат верстата є те що нам необхідно виготовити спеціальний інструмент з підвищеними параметрами точності. Також ще одним недоліком є те, що виконується перестановка інструменту уже після визначення всіх необхідних координат і внесення до них коригувань. Це може викликати похибку базування та закріплення різального інструменту в цанзі шпинделя редуктора. Похибка закріплення цанги складає 0.04 мм відповідно утвореного діаметра під час процесу різання. Це негативно впливає на положення осі обертання різального інструменту відповідно осі заданій в управляючій програмі що може призвести до відхилення від заданого допуску на виготовлення отвору.



Рисунок 2.15 – Свердло в редукторі зі змінним кутом осі обертання шпинделя після налаштування



Рисунок 2.16 – Робочий процес утворення нарізі мітчиком M8

2.5. Висновки по другому розділу

У другому розділі роботи ми запропонували внести зміни до технологічного процесу виготовлення модулю «Корпус» шляхом модернізації виробництва за

рахунок сучасних методів виготовлення деталей, а також сучасного інструментального забезпечення та оснащення для його коректної і найбільш оптимальної роботи. Переглянули ряд питань і проблем які виникають при застосуванні модернізованих рекомендацій. Проаналізували повний процес роботи інструментального забезпечення, дослідили перелік переваг та недоліків його використання, та надали рекомендації на вирішення цих проблем. Також було розглянуте модернізоване оснащення. Детально переглянули його характеристики та переваги використання в зв'язку з технічними можливостями нашого виробництва. Надали перелік методів по налаштуванню цього оснащення та розглянули детальну проблематику його використання. Проаналізували встановлення та закріплення різального інструменту, і надали методи вирішення проблем які виникають під час отримання координат розташування різального інструменту в редукторах зі змінним кутом нахилу осі обертання шпинделя відносно основної системи координат верстату.

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА РОЗРАХУНКИ НОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПІД ЧАС ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

3.1 Дослідження режимів різання старого технологічного процесу, їх аналіз та оптимізація

Аналіз режимів різання є однією з важливих проблем під час модернізації технологічного процесу. Виходячи з оптимізації виробництва за рахунок підбору максимально оптимальних режимів ми маємо можливість вплинути на якість оброблюваної поверхні деталі та час виготовлення виробу. Тому для вирішення однієї з проблематики нашої роботи було вирішено дослідити робочі режими нашої технологічної системи. На початку дослідження ми переглянули режими різання інструментального забезпечення які було надано фірмою виробником для кожного окремого переходу де використовується їх виріб. Ці дані було записано до таблиці 3.1. Старий та модернізований технологічні процеси надані в додатку А.

Таблиця 3.1

№ операції та переходу	h , мм	V, м/хв	S, мм/об	S, мм/хв
005				
005.1	0.5	230	0.3	-
005.2	6.75	33	0.1	-
005.3	11.0	45	0.05	-
005.4	2.0	250	0.35	-

005.5	0.1	270	0.3	-
005.6	2.0	240	0.4	-
005.7	0.1	255	0.3	-
005.8	2.0	165	0.2	-
010				
010.1	0.5	230	0.3	-
010.2	2.0	240	0.4	-
010.3	0.1	255	0.3	-
010.4	1.0	195	0.2	-
010.5	2.0	250	0.35	-
010.6	0.1	270	0.3	-
010.7	5.	140	-	850
015				
015.1	3.45	12.99	-	100

015.2	1.	26.38	-	100
015.3	0.55	7.54	1.25	-

Під час використання рекомендацій наданих в таблиці 3.1 було досліджено пробну партію виготовлених виробів в розмірі 2 шт. Після аналізу було виявлено що при зазначених режимах різання спостерігалась наявність не оптимальності виробництва на операціях 005 і 010. Це було зумовлено перенавантаженнями направляючих та шпинделя верстата під час обробки, неоднорідністю обробленої поверхні, різна шорсткість на різних переходах поверхні деталі. Також важливим недоліком даних режимів різання було те, що після виготовлення деталі не відповідали заданим параметрам точності розмірів. Ще однією проблемою був підвищений знос різальних кромок, що викликало злам різальних пластин.

Проаналізувавши всі наявні проблеми, було зроблено висновок, що причиною цього є наявність нестабільної системи обробки деталі. Деталь на операції 005 виготовляється с заготовки довжиною 500мм і при обробленні під час високих обертів шпинделя(більше 2000об/хв) виникає вібрація прута, що спричиняє відгин заготовки. Це, в свою чергу, викликає наявність нерівномірного знімання роцесс ьного шару матеріалу та призводить до виникнення зміни сили різання, яка викликає створення додаткового навантаження на різальну кромку і її ресурс знижується. На операції 010 використовується спеціальна оправка з пазом який при зажимі в патрон утворює похибку закріплення, що в свою чергу викликає похибку осі. Тому було вирішено модернізувати конструкцію даної оправки шляхом зменшення діаметру отвору на торці. Таким чином ми змогли підвищити жорсткість оправки і отримати мінімально допустимі похибки осьового відхилення.

Після аналізу було вирішено провести ряд експериментальних досліджень по підборі оптимальних режимів роботи технологічної системи методом поступового зниження режимів різання.

Дослідження виконували під час виготовлення експериментальних деталей, партія яких складала 5шт. Після отримання оптимальності режимів роботи старого технологічного процесу дані було записано до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

№ операції та переходу	h , мм	V, м/хв	S, мм/об	S, мм/хв
005				
005.1	0.5	200	0.2	-
005.2	6.75	31.4	0.08	-
005.3	11.0	41.5	0.03	-
005.4	2.0	210	0.25	-
005.5	0.1	220	0.2	-
005.6	2.0	210	0.3	-
005.7	0.1	220	0.25	-
005.8	2.0	150	0.14	-

010				
010.1	0.5	200	0.2	-
010.2	2.0	210	0.3	-
010.3	0.1	220	0.25	-
010.4	1.0	180	0.2	-
010.5	2.0	210	0.25	-
010.6	0.1	220	0.2	-
010.7	5.	109.9	-	800

Після проведених експериментальних досліджень по підборі оптимальних режимів різання було створено таблицю в якій наведено порівняння значень рекомендованих режимів до оптимальних та вираховано середній відсоток зниження швидкості різання та подачі. Дані було записано до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

	V, м/хв	S, мм/об	S, мм/хв	V, м/хв	S, мм/об	S, мм/хв	V,%	S, %
005				005				
005.1	230	0.3	-	200	0.2	-	13,04	33,33

005.2	33	0.1	-	31.4	0.08	-	4,85	20,00
005.3	45	0.05	-	41.5	0.03	-	7,78	40,00
005.4	250	0.35	-	210	0.25	-	16,00	28,57
005.5	270	0.3	-	220	0.2	-	18,52	33,33
005.6	240	0.4	-	210	0.3	-	12,50	25,00
005.7	255	0.3	-	220	0.25	-	13,73	16,67
005.8	165	0.2	-	150	0.14	-	9,09	30,00
010				010				
010.1	230	0.3	-	200	0.2	-	13,04	33,33
010.2	240	0.4	-	210	0.3	-	12,50	25,00
010.3	255	0.3	-	220	0.25	-	13,73	16,67
010.4	195	0.2	-	180	0.2	-	7,69	0,00
010.5	250	0.35	-	210	0.25	-	16,00	28,57
010.6	270	0.3	-	220	0.2	-	18,52	33,33

010.7	140	-	850	109.9	-	800	21,50	5,88
Середній відсоток							13,23	24,65

Після аналізу і визначення середнього відсотку відхилення рекомендованих режимів різання від оптимальних у старому технологічному процесі ми можемо під час розроблення модернізованого технологічного процесу підібрати оптимальні режими різання без проведення додаткових досліджень.

3.2 Аналіз режимів різання модернізованого технологічного процесу та їх оптимізація

Під час модернізації технологічного процесу виготовлення модуля «Корпус» нами було запропоновано використання сучасного інструментального забезпечення. Під час впровадження нового різального інструменту, нам також було запропоновано фірмою виробником рекомендовані режими різання. Під час аналізу старого технологічного процесу було досліджено та виявлено відсоток відхилення рекомендованих режимів від оптимальних. Тому, під час налаштування модернізованого виробництва була врахована дана похибка. Виконавши розрахунки, була виготовлена партія експериментальних деталей в розмірі 10шт. Розрахунки оптимальних режимів різання для модернізованих переходів наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

	V, м/хв	S, мм/об	S, мм/хв	V,%	S, %	V, м/хв	S, мм/об	S, мм/хв
005								
005.2	115	0.11	-	13,23	24,65	102.2	0.09	-

005.3	205	0.17	-	13,23	24,65	18 0.6	0.14	-
010								
005.8	55	-	225	13,23	24,65	49.8	-	180
005.9	10	1.25	-	13,23	-	7.54	1.25	-

Після виготовлення партії експериментальних деталей було проведено дослідження та встановлено що режими різання є оптимальними для нашої технологічної системи. Навантаження на направляючі та шпиндель верстата, а також двигун який надає оберти на приводні редуктори, було максимально допустиме що дозволяє нам використовувати потужність обладнання в повну міру. Також було досліджено поверхню виготовлених деталей та проведенні виміри всіх розмірів. Ми отримали результат який відповідає нормам технічного завдання та відповідає за вимогами товарного вигляду виробу.

3.3 Розрахунок нормування технологічних операцій у старому та модернізованому технологічних процесах, аналіз та порівняння

Однією з найважливіших проблем, яка виникала при використанні старого технологічного процесу була витрата часу на обробку однієї деталі. Під час розробки та аналізу операцій та переходів модернізованого технологічного процесу було розроблено технологію яка максимально надає можливість скоротити цей час. Ми використали максимально допустимі режими різання, які можливо впровадити за допомогою технічних можливостей сучасного виробництва. Також за рахунок сучасного технічного забезпечення нам вдалося виключити з технологічного процесу одну операцію. Дане рішення надало велику економію часу, тому що цей процес вимагав додаткового транспортування заготовок по приміщенню цеха, тривалого налаштування оснастки та витрачалося багато часу на переустановку

заготовки між переходами. В таблиці 3.5 надається основний час кожного переходу який був необхідний для виготовлення деталі під час використання старого технологічного процесу.

Таблиця 3.5

№ операції та переходу	T_o , с
005	
005.1	10.1
005.2	29.3
005.3	116.9
005.4	12.9
005.5	10.8
005.6	18.5
005.7	02.2
005.8	16.8
010	

010.1	09.6
010.2	03.9
010.3	02.7
010.4	05.5
010.5	13.6
010.6	12.3
010.7	58.4
015	
015.1	128.0
015.2	08.0
015.3	88.0

Допоміжний час було отримано завдяки дослідженню робочого процесу працівників підприємства які працюють за обладнанням. Розрахунки операційного часу були виконані для кожної операції за формулами:

- Для операції 005:

$$T_{on} = T_o + T_{don} \quad (3.1)$$

де T_o - основний час оброблення, хв

$T_{доп}$ - допоміжний час роботи, хв, визначається за формулою:

$$T_{доп} = T_{в.з} + T_{з.р} + T_{уп} + T_{вим} + T_{ц} \quad (3.2)$$

де $T_{в.з}$ - час на установку та зняття деталі: 0.33 хв ;

$T_{з.р}$ - час на закріплення та розкріплення деталі: 0.016 хв;

$T_{уп}$ - час на прийом керування обладнання: 0.05 хв;

$T_{вим}$ - час на контрольні виміри: 0.5 хв;

$T_{ц}$ - час на зміну інструменту: 0.05 хв, у нас відбувається 8 змін інструменту

за операцію тому час на зміну інструменту за операцію: 0.4хв;

Допоміжний час для всієї операції:

$$T_{доп} = T_{в.з} + T_{з.р} + T_{уп} + T_{вим} + T_{ц}$$

Основний час оброблення для всієї операції: $T_o = 217(c) = 3.63(хв)$

Отже, допоміжний час для всієї операції:

$$T_{доп} = 0.33 + 0.016 + 0.05 + 0.5 + 0.4 = 1.296 \text{ (хв)}$$

Отже, операційний час для операції 005 складає:

$$T_{он} = 3.63 + 1.296 = 4.926(хв)$$

- Для операції 010:

$$T_{он} = T_o + T_{доп}$$

де T_o - основний час оброблення, ро;

$T_{доп}$ - допоміжний час роботи, ро, визначається за формулою:

$$T_{доп} = T_{в.з} + T_{з.р} + T_{уп} + T_{вим} + T_{ц}$$

де $T_{в.з}$ - час на установку та зняття деталі: 0.16 хв ;

$T_{з.р}$ - час на закріплення та розкріплення деталі: 0.016 хв;

$T_{уп}$ - час на прийом керування обладнання: 0.05 хв;

$T_{вим}$ - час на контрольні виміри: 0.5 хв;

$T_{ц}$ - час на зміну інструменту: 0.05 хв, у нас відбувається 7 змін інструменту

за операцію тому час на зміну інструменту за операцію: 0.35хв; Допоміжний час для всієї операції:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{в.з}} + T_{\text{з.р}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{вим}} + T_{\text{ц}}$$

Основний час оброблення для всієї операції: $T_o = 106(c) = 1.77(xв)$

Отже, допоміжний час для всієї операції:

$$T_{\text{доп}} = 0.16 + 0.016 + 0.05 + 0.5 + 0.35 = 1.076(xв)$$

Отже, операційний час для операції 010 складає:

$$T_{\text{оп}} = 1.77 + 1.076 = 2.846(xв)$$

- Для операції 015:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{доп}}$$

де T_o - основний час оброблення, ро;

$T_{\text{доп}}$ - допоміжний час роботи, ро, визначається за формулою:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{в.з}} + T_{\text{з.р}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{вим}} + T_{\text{ц}}$$

де $T_{\text{в.з}}$ - час на установку та зняття деталі: 0.5 хв ;

$T_{\text{з.р}}$ - час на закріплення та розкріплення деталі: 0.33 хв;

$T_{\text{уп}}$ - час на прийом керування обладнання: 0.12 хв;

$T_{\text{вим}}$ - час на контрольні виміри: 0.5 хв;

$T_{\text{ц}}$ - час на зміну інструменту: 0 хв, у нас відбувається обробка однієї деталі

одним попередньо налаштованим інструментом.

Допоміжний час для всієї операції:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{в.з}} + T_{\text{з.р}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{вим}} + T_{\text{ц}}$$

Основний час оброблення для всієї операції: $T_o = 224(c) = 3.73(xв)$

Отже, допоміжний час для всієї операції:

$$T_{\text{доп}} = 0.5 + 0.33 + 0.12 + 0.5 + 0 = 1.48(xв)$$

Отже, операційний час для операції 015 складає:

$$T_{\text{оп}} = 3.73 + 1.48 = 5.21(xв)$$

Сумарний операційний час для виготовлення модуля «Корпус» за старим технологічним процесом складає:

$$T_{\text{опсум}} = 5.21 + 2.846 + 4.926 = 12.982(xв)$$

Під час модернізації технологічного процесу ми використовували програмне забезпечення Autodesk FeatureCAM для генерування траєкторії оброблення деталі. У даній САМ- системі ми задали максимально схожі умови, як при виготовленні деталі на верстаті, та за допомогою функції вирахування основного часу оброблення отримали максимально наближені до реальних значення. Перед впровадженням модернізованого технологічного процесу ми проаналізували ці результати та отримали максимально наближені дані. Результати отриманих даних основного часу оброблення з програмного забезпечення Autodesk FeatureCAM надані в таблиці 3.6.

В таблиці 3.6 ми навели результати модернізованого технологічного процесу отримані після оброблення заготовки на верстаті та порівняли їх з результатами отриманими з САМ- системи.

Таблиця 3.6

№ операції та переходу	T_o , с	$T_{o\text{ сам}}$, с	%
005			
005.1	10.1		
005.2	24.0	27.0	11.1
005.3	14.0	16.7	16.17
005.4	10.8		
005.5	18.5		

005.6	02.2		
005.7	16.8		
010			
010.1	09.6		
010.2	03.9		
010.3	02.7		
010.4	05.5		
010.5	13.6		
010.6	12.3		
010.7	58.4		
010.8	64.0	76.8	16.7
010.9	76.0	84.0	9.52
Середній відсоток			13.37

За результатами дослідження та аналізу ми можемо зробити висновок що результати основного часу оброблення деталі отримані після впровадження на

верстаті відрізняються від результатів отриманих в програмному забезпеченні Autodesk FeatureCAM на 13.37%.

Наступним етапом ми провели розрахунки операційного часу для кожної операції:

- Для операції 005:

$$T_{on} = T_o + T_{дон}$$

де T_o - основний час оброблення, ро;

$T_{дон}$ - допоміжний час роботи, ро, визначається за формулою:

$$T_{дон} = T_{в.з} + T_{з.р} + T_{уп} + T_{вим} + T_{ц}$$

де $T_{в.з}$ - час на установку та зняття деталі: 0.33 хв ;

$T_{з.р}$ - час на закріплення та розкріплення деталі: 0.016 хв;

$T_{уп}$ - час на прийом керування обладнання: 0.05 хв;

$T_{вим}$ - час на контрольні виміри: 0.5 хв;

$T_{ц}$ - час на зміну інструменту: 0.05 хв, у нас відбувається 7 змін інструменту за операцію тому час на зміну інструменту за операцію: 0.35хв;

Допоміжний час для всієї операції:

$$T_{дон} = T_{в.з} + T_{з.р} + T_{уп} + T_{вим} + T_{ц}$$

Основний час оброблення для всієї операції: $T_o = 96.4(c) = 1.61(хв)$

Отже, допоміжний час для всієї операції:

$$T_{дон} = 0.33 + 0.016 + 0.05 + 0.5 + 0.35 = 1.246 (хв)$$

Отже, операційний час для операції 005 складає:

$$T_{on} = 1.61 + 1.246 = 2.856(хв)$$

- Для операції 010:

$$T_{on} = T_o + T_{дон}$$

де T_o - основний час оброблення, ро;

$T_{дон}$ - допоміжний час роботи, ро, визначається за формулою:

$$T_{дон} = T_{в.з} + T_{з.р} + T_{уп} + T_{вим} + T_{ц}$$

де $T_{в.з}$ - час на установку та зняття деталі: 0.16 хв ;

$T_{з.р}$ - час на закріплення та розкріплення деталі: 0.016 хв;

$T_{уп}$ - час на прийом керування обладнання: 0.05 хв;

$T_{вим}$ - час на контрольні виміри: 0.5 хв;

$T_{ц}$ - час на зміну інструменту: 0.05 хв, у нас відбувається 9 змін інструменту за операцію тому час на зміну інструменту за операцію: 0.45хв; Допоміжний час для всієї операції:

$$T_{доп} = T_{в.з} + T_{з.р} + T_{уп} + T_{вим} + T_{ц}$$

Основний час оброблення для всієї операції: $T_o = 246(c) = 4.1(хв)$

Отже, допоміжний час для всієї операції:

$$T_{доп} = 0.16 + 0.016 + 0.05 + 0.5 + 0.45 = 1.176(хв)$$

Отже, операційний час для операції 010 складає:

$$T_{оп} = 4.1 + 1.176 = 5,276(хв)$$

Сумарний операційний час для виготовлення модуля «Корпус» за модернізованим технологічним процесом складає:

$$T_{опсум} = 2.856 + 5.276 = 8.132(хв)$$

Виходячи з проведених розрахунків ми можемо отримати кількість операційного часу на виготовлення однієї деталі, який нам вдалось скоротити за рахунок модернізованого технологічного процесу:

$$T_{оп} = T_{опст} - T_{опмод} = 12.982 - 8.132 = 4.85(хв)$$

Також, з отриманих значень ми можемо розрахувати % операційного часу, який скорочується за рахунок впровадження модернізованого технологічного процесу:

$$\% = 100 - \left(\frac{T_{опмод}}{T_{опст}} \cdot 100 \right) = 100 - \left(\frac{8.132}{12.982} \cdot 100 \right) = 37.36 \quad (3.3)$$

З даних розрахунків ми можемо зробити висновок що модернізація технологічного процесу вплинула на скорочення операційного часу на 37.36% що є дуже добрим результатом для вирішення проблематики поставленої в дисертації.

3.4 Висновки по третьому розділу

У третьому розділі магістерської дисертації ми дослідили та проаналізували вплив оптимальності використаних режимів різання при виготовленні модуля «Корпус». Переглянули проблематику використання рекомендованих режимів роботи інструментального забезпечення, проаналізували проблеми які виникають при їх використанні та провели експериментальні дослідження завдяки яким змогли отримати оптимальні умови роботи технологічної системи. Порахували кількість операційного часу, який витрачається на обробку однієї деталі методом використання старого та модернізованого технологічних процесів. Дослідили та проаналізували похибку розрахунку операційного часу в програмному забезпеченні Autodesk FeatureCAM відносно часу оброблення заготовки на верстаті. Ця похибка складає 13.37%. Також за рахунок експериментальних досліджень змогли порівняти старий та модернізований технологічні процеси. Під час впровадження модернізованої технології, економія операційного часу склала 37.36%, що є достатнім значенням для вирішення проблеми нашого виробництва.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Під час розгляду даного розділу у нас є на меті проведення аналізу стартап – проекту задля визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження[10].

4.1 Опис ідеї проекту

Зазначимо, що результати, які отримані в даній роботі не можуть реалізуватися на ринку напряду, тому що ми розглядали можливості певного виробництва. Тому стартап-проект буде базуватися на технології визначення координат осі різального інструменту під час використання редукторів з поворотним кутом осі шпинделя. У таблиці 4.1 надається інформація, яка в повну міру надає зміст ідеї, можливі базові потенційні ринки та вигоди для користувача.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Визначення координат осі різального інструменту під час використання редукторів з поворотним кутом осі шпинделя за допомогою інструмента «Напівсфера»	Всі виробництва на яких використовуються редуктори з поворотним кутом осі шпинделя	Покращення точності знаходження координат та економія часу на налаштування обладнання

Таблиця 4.2 – Аналіз техніко-економічних переваг ідеї

	Мій проект	Технології конкурентів
Точність визначення	На точність визначення координат впливає лише похибка закріплення інструменту «Напівсфера» в цанзі та допуск на виготовлення цього інструменту	На точність впливає кут нахилу редуктора, допуск на виготовлення інструменту для якого визначаються координати, похибка закріплення в цанзі
Затрати часу	Час витрачається лише на зміну інструмента в шпинделі	Час витрачається на побудову кресленика та встановлення координат графічним методом
Універсальність	Визначення координат можливо провести безпосередньо на верстаті	Необхідність додаткового обладнання та програмного забезпечення

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В даному підрозділі ми проведемо аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту, можна визначити технологічну здійсненність ідеї[10].

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Наявність технологій	Доступність технології
Технологія визначення координат	Створення інструменту	Будь-який токарний верстат з ЧПК

осі різального інструменту під час використання редукторів з поворотним кутом осі шпинделя за допомогою інструмента «Напівсфера»	«Напівсфера» за допомогою токарного оброблення на верстаті з ЧПК	який відповідає параметрам точності інструменту «Напівсфера»
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: створення інструменту «Напівсфера» на токарному верстаті з ЧПК		

За результатами можна зробити висновок, що технічна реалізація проекту можлива.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Після визначення ринкових можливостей, ми можемо використати їх під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту. Це дозволить спрогнозувати напрямки розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів[10].

Проаналізувавши попит, ми визначили що на ринку немає подібної технології, тому за попереднім оцінюванням проект є привабливим для входження. Ще необхідно звернути увагу на те, що відбувається зростаюча динаміка ринку через те, що більшість виробництв починає використовувати сучасні засоби автоматизації, а саме модернізоване оснащення[10].

Визначення потенційних груп клієнтів, їх характеристики, та формування орієнтованого переліку вимог до товару для кожної групи зазначено у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Вимоги споживачів до товару
Універсальність та зменшення часу на налаштування оснащення	Виробництва на яких використовуються або впроваджуються редуктори з поворотним кутом осі шпинделя	- Простота використання - Точність

Після визначення потенційних груп клієнтів проаналізовано ринкове середовище: розроблено таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів його перешкоджання. В таблицях 4.5 і 4.6 надані фактори в порядку зменшення значущості[10].

Таблиця 4.5 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Точність	Недостатня точність визначення координат	Відмова від використання

Таблиця 4.6 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Універсальність	Зменшення часу на налаштування	Впровадження технології у виробництво

		обладнання	
--	--	------------	--

Надалі проведемо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку які зазначені в таблиці 4.7[10].

Таблиця 4.7 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія монополістична/чиста	Чиста	Вплив на універсальність
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/ національний/...	Міжнародна	Переваги запропонованих можливостей
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	Внутрішньогалузева	Можливість скорочення часу налагодження обладнання
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова	Товарно- родова	Конкуренція між використанням різних технологій для

- товарно-видова - між бажаннями		виконання однакової мети
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	Цінова	Основною перевагою є скорочення часу що позитивно впливає на економічні аспекти

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін наведених у таблиці 4.8[10].

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення[10].

Таблиця 4.8 – SWOT-аналіз старап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <p>1. Універсальність використання</p> <p>2. Скорочення часу налаштування обладнання.</p>	<p>Слабкі сторони:</p> <p>1. Новизна проекту.</p>
--	---

<p>Можливості:</p> <p>1. Зацікавлення виробництв які впроваджують використання редукторів з кутовим нахилом осі шпинделя</p>	<p>Загрози:</p> <p>1. Недостатня точність за вимогами виробництва.</p>
--	--

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових роце потенційних споживачів. Так як цільова аудиторія лише одна, виробництва на яких використовуються або впроваджуються редуктори з поворотним кутом осі шпинделя , то стратегія охоплення ринку – стратегія концентрованого маркетингу, так як компанія зосереджується на одному сегменті[10].

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку яка наведена в таблиці 4.9[10].

Таблиця 4.9 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Глибоке проникнення на ринок	Концентрований маркетинг	Задоволення потреб вибраного цільового сегменту краще, ніж конкуренти.	Стратегія спеціалізації

Виходячи з таблиці 4.9 базова стратегія розвитку – стратегія спеціалізації. Наступним етапом ми вибираємо стратегії конкурентної поведінки що наведені в таблиці 4.10[10].

Таблиця 4.10 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента?	Стратегія конкурентної поведінки
Так	Так	Ні	Стратегія лідера
Так	Так	Ні	Стратегія виклику лідера
Ні	Так	Так	Стратегія наслідування лідера
Ні	Ні	Так	Стратегія зайняття конкурентної ніші

За таблицею 4.10 обираємо стратегію виклику лідера. На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку розробляємо стратегію позиціонування, яка наведена у таблиці 4.11, що полягає у формуванні ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати торговельний проект[10].

Таблиця 4.11 – Визначення стратегії позиціювання

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспро можні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
Точність, універсальність	Стратегія спеціалізації	Простота впровадження, швидкість налаштування виробництва	Унікальність , універсальність

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару. Він говорить нам про те, що ключовою перевагою нашого продукту є універсальність визначення координат осі різального інструменту під час використання кутових редукторів, яка задовольнить потребу виробництв в скороченні часу на налаштування оснащення[10].

Надалі розроблено трирівневу маркетингову модель товару: уточнюється ідея продукту/послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання, які надані в таблиці 4.12[10].

Таблиця 4.12 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Технологія визначення координат осі різального інструменту під час використання редукторів з поворотним кутом осі шпинделя за допомогою інструмента «Напівсфера»
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики: універсальний та швидкий процес
	Якість: виробництво на верстаті з ЧПК.
III. Товар із підкріпленням	Повне впровадження технології з цілодобовою можливістю консультації
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Патент.	

Визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар є недоцільним, оскільки остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту, наявність повної інформації та готового технічного рішення для виготовлення[10].

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якої приймається рішення, результат наведений в таблиці 4.13:

- збут буде проводитись власними силами, тобто буде реалізовано власну систему збуту;
- оптимальна глибина каналу збуту: канал збуту нульового рівня (виробник сам продає товар кінцевому споживачеві).

Таблиця 4.13 – Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати Постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Характерно для галузей машинобудування дрібними серіями з дорогим товаром, який може бути придбаний обмеженим числом споживачів.	Просування на ринок подібного продукту в рамках даної системи збуту не вимагає будь-якої широкої реклами.	Канал нульового рівня	Канал складається з виробника, який продає свій товар безпосередньо споживачам (через відділ збуту, збутові філії, мережу фірмових магазинів, посилкову торгівлю тощо)

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів, яка надана в таблиці 4.14[10].

Таблиця 4.14 – Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Характерно для виробництв: дрібними серіями зі дорогим товаром, що придбають обмеженим числом споживачів.	Включають в себе пряму поштову розсилку, замовлення по електронному каталогу і продаж в режимі онлайн.	Конкурентне позиціонування, яке базується на демонстрації переваг товарів підприємства над товарами конкурентів.	Отримати можливість у кілька разів збільшити обсяг продажу своїх товарів	Головними елементами структури реклами є тема реклами і девіз рекламної кампанії.

4.6 Висновки розділу

Під час створення стартап-проекту було виконано аналіз можливостей ринкової комерціалізації проекту. Після отримання даних аналізу виявилось, що технологічна реалізація проекту можлива, було надано його сильні та слабкі сторони, напрямки впровадження та вигоди для користувачів.

Розглянута сфера є цікавою для входження в неї через те що технологія є унікальною. Через те, що конкуренти не мають в наявності аналогів запропонованої технології, перешкод для виходу на ринок не виявлено.

Проаналізувавши дослідження проекту, можна стверджувати що він є унікальним та має перспективи розвитку.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У даній роботі було переглянуто типові методи виготовлення деталей складної конструкції. Дослідили та проаналізували технологічний процес виготовлення такої деталі на прикладі модуля гомілки регульовано-з'єднувального вузла.

2. Після дослідження технологічного процесу знайшли недоліки його використання та надали пояснення на необхідності його модернізації.

3. Було проведено аналіз доступного сучасного технологічного оснащення та інструментального забезпечення для вирішення проблеми скорочення часу оброблення деталі.

4. Дослідили та надали в повному обсязі недоліки та переваги використання рекомендованого оснащення в умовах нашого виробництва.

5. Надали рекомендації до внесення змін у існуючий технологічний процес виготовлення деталі складної конструкції.

6. Було запропоновано методи для налагодження та впровадження у виробництво оновленого технологічного оснащення та інструментального забезпечення.

7. Дослідили та проаналізували рекомендовані режими роботи нашої технологічної системи.

8. Провели експериментальні дослідження, на основі яких надали рекомендації по оптимізації режимів роботи різального інструменту.

9. Впровадили модернізований технологічний процес експериментальним шляхом, та отримали результати, проаналізувавши які, змогли отримати значення операційного часу. При порівнянні часу обробки однієї деталі за старою технологією та модернізованим технологічним процесом, було виявлено що економія часу складає 37,36%, що є задовільним результатом для вирішення проблематики виробництва.

10. Також було проаналізовано стартап-проект використання нової технології визначення визначення координат осі різального інструменту під час використання редукторів з поворотним кутом осі шпинделя, які використовуються під час роботи модернізованого технологічного процесу. Аналіз показав нам що дана технологія є унікальною і дуже привабливою для ринку, а проект має гарантовану перспективність.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Модульные протезы нижних конечностей. Режим доступа: [http://www.dopomoga.biz.ua/userfiles/files/KATALOG_Komplek_rus\(1\).pdf](http://www.dopomoga.biz.ua/userfiles/files/KATALOG_Komplek_rus(1).pdf) . Дата виклику :09.11.2019.
- [2] Токарно-револьверный обрабатывающий центр Haas ST-20Y с осью Y. Режим доступа: <https://www.abamet.ru/catalog/metallorazhreshenie/tokarnye-chpu/tokarno-revolvernaya/haas-st-20y/>.
- [3] Преимущества револьверных головок с приводным инструментом ВМТ перед револьверными головками выполненными по стандарту VDI. Режим доступа: <https://www.perytone.ru/about/stati/2947/>.
- [4] 2Л53У Радиально сверлильный станок. Режим доступа: <https://www.olx.ua/obyavlenie/2L53u-radialno-sverilnyy-standok-IDFGuqq.html#3626e0bbaa>.
- [5] Режим доступа: <http://tutmet.ru/priprispoblenie-sverleniya-otverstij-patron-sverlilnogo-standa.html>.
- [6] Режим доступа: <https://leg.co.ua/info/elektricheskie-mashiny/tehnologiya-i-oborudovanie-proizvodstva-elektricheskikh-mashin-9.html> .
- [7] Режим доступа: <https://stankov.com.ua/catalog/stanochnoe-osnashhenie/rezbonareznye-patrony/rezbonareznye-reversivnye-patrony/reversivnyj-rezbonareznoj-patron-j4620-m8-m20/>.
- [8] Режим доступа: <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/pages/tools.aspx>.
- [9] heimatec 8 043 ВМТ Schwenkkopf, achsversetzt [2019-00-09].pdf[каталог].
- [10] Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ«КПІ», 2016. – 28 с.